This is a reproduction of a library book that was digitized by Google as part of an ongoing effort to preserve the information in books and make it universally accessible.

Google™ books

https://books.google.com

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

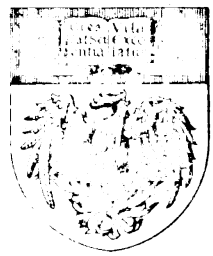
+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

Digitized by Google

The University of Chicago
Libraries



EXCHANGE

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Aus dem

Archiv der Deutschen Seewarte.

XXII. Jahrgang: 1899.

Herausgegeben

von

der Direktion der Seewarte.

HAMBURG, 1899.

Gedruckt bei Hammerich & Lesser in Altona.

Digitized by Google

QC 801
.H3
v.22-25

INHALT.

No. **1.** Die Vorausberechnung der Sonnenfinsternisse und ihre Verwerthung zur Längenbestimmung. Von Dr. *Carl Stechert*. Mit 6 im Texte gegebenen Figuren.

No. **2.** Die Strömungen der Luft in den barometrischen Minima und Maxima, ein Beitrag zur Theorie der Cyklonen und Anticyklonen. Von Dr. *P. Polis*, Direktor der Meteorologischen Centralstation Aachen. Mit 22 Tabellen, 73 Figuren auf 8 Tafeln und 5 Figuren im Texte.

No. **3.** Erdmagnetische Beobachtungen in Deutsch-Ostafrika. Von Dr. *Hans Maurer*, Meteorologen für Deutsch-Ostafrika. Mit einer Tafel.

No. **4.** Die Oberflächen-Strömungen des nordatlantischen Ozeans nördlich von 50° N-Br. Von *Georg Wegemann*. Mit 4 Karten.

No. **5.** Wissenschaftliche Grundlage einer Wettervorhersage auf mehrere Tage voraus. Von Prof. Dr. *W. J. van Bebber*. Mit 16 im Texte gegebenen Figuren.

No. **6.** Untersuchungen über die Strömungen der Ostsee. Die Dichtigkeitsfläche. Von *Rudolf Engelhardt*. Mit 1 Tafel und 1 Karte.

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
LIBRARIES
CHICAGO, ILL.

LIBRARY OF CONGRESS
DEC 31 1935
DUPLICATE
EXCHANGE

By Transfer
U. S. Naval Observatory.
JAN 24 1935

Eckhardt

Exchange
Library of Congress

Digitized by Google

1214927

AUS DEM
ARCHIV DER DEUTSCHEN SEEWARTE.
XXII. Jahrgang 1899.
Herausgegeben von der Direktion der Seewarte.

No. 1.

Die Vorausberechnung der Sonnenfinsternisse

und ihre Verwerthung zur Längenbestimmung.

Von

Dr. **Carl Stechert,**
Vorstand der Abtheilung IV der Deutschen Seewarte.

Mit sechs im Texte gegebenen Figuren.

HAMBURG, 1899.
Gedruckt bei Hammerich & Lesser in Altona.

140153
Digitized by Google

Inhalt.

	Seite
Einleitung	1
Abschnitt 1. Vorausberechnung der Kontaktmomente und der Positionswinkel einer Sonnenfinsterniss für den Beobachtungsort	2
§ 8. Ableitung der Formeln	2
§ 9. Beispiel für die Berechnung der Hülfsgrössen	9
§ 10. Beispiele für die Vorausberechnung	11
Abschnitt 2. Längenbestimmung aus der Beobachtung einer Sonnenfinsterniss	17
§ 11. Ableitung der Formeln	17
§ 12. Beispiel für die Berechnung der Hülfsgrössen	23
§ 13. Beispiele für die Längenbestimmung	24
Tafeln.	
Tafel 15 und 16	31
Tafel 17 und 18	32
Tafel 19 und 20	33

Digitized by Google

No. 1.

Die Vorausberechnung der Sonnenfinsternisse

und ihre Verwerthung zur Längenbestimmung.

Von Dr. **Carl Stechert.**

Einleitung.

Es wird sowohl von Seeleuten wie von Forschungsreisenden meistens verabsäumt, bei Sonnenfinsternissen die Kontaktmomente zu beobachten und diese Daten für die Längenbestimmung zu verwerthen. Eine solche Unterlassung ist aus dem Grunde zu bedauern, weil unter normalen Verhältnissen die in dieser Weise erhaltenen Längen bedeutend zuverlässiger sind als die aus Monddistanzen und Mondhöhen abgeleiteten, und weil andererseits die Beobachtung selbst äusserst leicht ausführbar ist; man hat es nicht einmal, wie meistens bei Sternbedeckungen, mit einem optisch schwachen Phänomen zu thun, sondern man ist im Stande, schon mit Hülfe eines mässig guten astronomischen oder terrestrischen Fernrohrs, dessen Ocular mit einem Sonnenglase versehen ist, brauchbare Beobachtungswerthe zu erhalten.

Die Vernachlässigung der Sonnenfinsterniss-Beobachtungen ist hauptsächlich auf zwei Gründe zurückzuführen. Es bedarf erstens einer genäherten Vorausberechnung der Zeiten und Positionswinkel der Ränderberührungen, eine Arbeit, welche bei Benutzung des üblichen Näherungsverfahrens ziemlich zeitraubend und wegen der Seltenheit ihrer Anwendung den Seeleuten und Forschungsreisenden nicht geläufig ist; ohne eine solche Vorbereitung aber wird es kaum gelingen, vor allem den ersten Moment der Finsterniss mit der erforderlichen Zuverlässigkeit aufzufassen. Zweitens verlangt die Verwerthung der Sonnenfinsterniss-Beobachtungen für die Längenbestimmung nach den strengen Formeln von Hansen oder Bessel eingehende theoretische Studien, welche man bei Seeleuten und Forschungsreisenden wegen der Vielseitigkeit ihrer Berufspflichten wohl kaum voraussetzen darf. — Der vielleicht noch in Betracht zu ziehende Ausweg, ein Formelsystem aufzustellen und dessen schematische Benutzung ohne theoretische Begründung für den vorliegenden Zweck zu empfehlen, würde aber wegen der Länge der ganzen Rechnung leicht zu Ueberlegungs- und Rechnungsfehlern Veranlassung geben und deshalb ungeeignet sein. — In richtiger Erkenntniss dieser Schwierigkeiten wird in den meisten nautischen Lehrbüchern und in den Anleitungen zu wissenschaftlichen Beobachtungen auf Reisen — soweit diese Werke nicht für die Benutzung durch Fachastronomen von vorne herein bestimmt sind — weder die Vorausberechnung der Sonnenfinsternisse noch deren Verwendung zur Längenbestimmung behandelt.

Es soll nun durch die vorliegende Abhandlung der Versuch gemacht werden, die beiden erwähnten Probleme durch unmittelbare Anlehnung an die Theorie der Sternbedeckungen, deren Kenntniss vorausgesetzt werden darf, zu lösen. Was die Vorausberechnung anbetrifft, so wird dieselbe nach der gleichen Methode gegeben werden, welche im Jahrgange 1896 dieses Sammelwerkes für die Vorausberechnung der Sternbedeckungen in Vorschlag gebracht worden ist. Die hier eintretende Erweiterung des Problems macht es allerdings nothwendig, einzelne Theile der Entwickelung in etwas grösserer Schärfe als bei den Sternbedeckungen erforderlich durchzuführen. Da aber dennoch ein grosser Theil der früheren Betrachtungen unmittelbar auf den vorliegenden Fall übertragen werden kann, so wird, um Wiederholungen zu umgehen, an verschiedenen Stellen auf die frühere Abhandlung Bezug genommen werden. Auch soll zur Vermeidung von Irrthümern im folgenden die Numerirung der Paragraphen, der Figuren, der Tafeln und der Gleichungen

Digitized by Google

im Anschluss an die genannte Abhandlung fortgesetzt werden. Bezüglich der algebraischen Bezeichnung möge noch erwähnt werden, dass dieselbe naturgemäss einer gewissen Umgestaltung bedurfte; es ist hierbei aber stets auf die frühere Bezeichnungsweise Rücksicht genommen worden, so dass die Analogie der Betrachtung bei der Vergleichung der Formeln überall deutlich erkennbar bleibt. — Andererseits lässt sich die Bestimmung der Länge aus einer beobachteten Sonnenfinsterniss unmittelbar an die bekannte Besselsche Methode der Längenbestimmung durch Sternbedeckungen*) anschliessen, nachdem aus der Vorausberechnung und aus den für die betreffende Finsterniss zu gebenden Hülfsgrössen einzelne Werthe entnommen und an Stelle gewisser Konstanten in die Bessel'schen Formeln eingeführt worden sind.

Aus der soeben gegebenen Disposition der vorliegenden Abhandlung lässt sich bereits der nicht unwesentliche Vortheil erkennen, dass sowohl die Vorausberechnung einer Sonnenfinsterniss als auch die Längenbestimmung aus derselben bis auf einige ganz geringe Aenderungen nach denselben Formeln durchgeführt werden können, welche dem Seemanne und dem Forschungsreisenden aus den entsprechenden Sternbedeckungsrechnungen bekannt und geläufig sind. Dieser Umstand wird, ganz abgesehen von der Einfachheit der Formelableitung, dazu beitragen, den Rechner vor Zahlen- und Ueberlegungsfehlern zu schützen.

Schliesslich möge noch darauf hingewiesen werden, dass die hier darzulegende Methode der Längenbestimmung aus einer beobachteten Sonnenfinsterniss naturgemäss ebenso wenig eine absolut strenge Lösung des Problems giebt wie die Bessel'sche Methode der Längenbestimmung aus Sternbedeckungen. Man wird aber unbedenklich beide Methoden in der Praxis so lange anwenden dürfen, als man nicht im Stande ist, gleichzeitig vollständig zuverlässige Kontakt- oder Bedeckungsbeobachtungen sowie genaue Mondpositionen, welche an festen Sternwarten erlangt worden sind, in die Rechnung einzuführen; die Fehler der Mondörter, selbst in den besten Ephemeridensammlungen, tragen eine Unsicherheit in das Resultat der Längenbestimmung hinein, welche die in den genannten Reduktionsmethoden enthaltene zweifellos um ein Vielfaches übersteigt.

Abschnitt I.

Vorausberechnung der Kontaktmomente und der Positionswinkel einer Sonnenfinsterniss für den Beobachtungsort.

§ 8. Ableitung der Formeln.

Wir werden bei der Ableitung der Formeln von den folgenden Bezeichnungen Gebrauch machen:

α = wahre Rektascension des Mondes.
δ = wahre Deklination des Mondes.
P = wahre Aequatorial-Horizontal-Parallaxe des Mondes.
R = wahrer Halbmesser des Mondes.

α' = scheinbare Rektascension des Mondes.
δ' = scheinbare Deklination des Mondes.
P' = scheinbare Parallaxe des Mondes.
R' = scheinbarer Halbmesser des Mondes.
$\Delta\alpha$ = Bewegung des Mondes in wahrer Rektascension während 1^h mittl. Zeit.
$\Delta\delta$ = Bewegung des Mondes in wahrer Deklination während 1^h mittl. Zeit.

θ = Sternzeit am Beobachtungsorte.
θ_0 = Sternzeit in Greenwich im Augenblicke der wahren Konjunktion (in Rektascension) von Mond und Sonne.
T_0 = mittl. Zeit in Greenwich in demselben Augenblicke.

A = wahre Rektascension der Sonne.
D = wahre Deklination der Sonne.
π = Aequatorial-Horizontal-Parallaxe der Sonne.
$R_\odot$ = Halbmesser der Sonne.

A' = scheinbare Rektascension der Sonne.
D' = scheinbare Deklination der Sonne.

ΔA = Bewegung der Sonne in wahrer Rektascension während 1^h mittl. Zeit.
ΔD = Bewegung der Sonne in wahrer Deklination während 1^h mittl. Zeit.

$\alpha_0 = A_\odot$ = wahre Rektascension von Mond und Sonne zur Zeit T_0
δ_0 = wahre Deklination des Mondes zur Zeit T_0
D_0 = wahre Deklination der Sonne zur Zeit T_0

*) Die für die numerische Rechnung sehr bequemen Bessel'schen Formeln werden u. a. alljährlich in der Einleitung des Berliner nautischen Jahrbuches, Seite XXIII, gegeben.

Digitized by Google

λ = Oestliche Länge des Beobachtungsortes von Greenwich.

φ' = geozentrische Breite des Beobachtungsortes.

r = Entfernung des Beobachtungsortes vom Mittelpunkte des Erdsphäroids.

ϱ = 0.272518 = Halbmesser des Mondes in Theilen des Erdhalbmessers ausgedrückt (nach J. Peters, A. N. 3297).

$\mathfrak{P}$ = 57′ 2″.27 = Aequatorial-Horizontal-Parallaxe des Mondes bei der mittleren Entfernung desselben von der Erde (nach Hansen).

$\mathfrak{R}$ = 15′ 32″.59 = Halbmesser des Mondes bei der mittleren Entfernung desselben von der Erde.

π_0 = 8″.80 = Horizontal-Parallaxe der Sonne bei der mittleren Entfernung derselben von der Erde.

Wir haben bereits früher (§ 2, Seite 4) für den Mond die folgenden Gleichungen erhalten:

$$\frac{\sin P}{\sin P'} \cos\delta' \cos\alpha' = \cos\delta \cos\alpha - r \cos\varphi' \cos\theta \,.\, P \sin 1'' \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4)$$

$$\frac{\sin P}{\sin P'} \cos\delta' \sin\alpha' = \cos\delta \sin\alpha - r \cos\varphi' \sin\theta \,.\, P \sin 1'' \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (5)$$

$$\frac{\sin P}{\sin P'} \sin\delta' = \sin\delta - r \sin\varphi' \,.\, P \sin 1'' \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (6)$$

Entsprechende Gleichungen können wir nunmehr auch für die Sonne aufstellen, wobei naturgemäss die Vereinfachung eintritt, dass der Quotient der Sinus der Parallaxen auf den linken Seiten wegen der grossen Entfernung der Sonne gleich der Einheit wird. Diese Gleichungen lauten demnach:

$$\cos D' \cos A' = \cos D \cos A - r \cos\varphi' \cos\theta \,.\, \pi \sin 1'' \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (60)$$

$$\cos D' \sin A' = \cos D \sin A - r \cos\varphi' \sin\theta \,.\, \pi \sin 1'' \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (61)$$

$$\sin D' = \sin D - r \sin\varphi' \,.\, \pi \sin 1'' \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (62)$$

Verbindet man die Gleichungen (5) und (60) einerseits sowie (4) und (61) andererseits durch Multiplikation und vernachlässigt hierbei jedesmal dasjenige Glied der rechten Seite, welches das Produkt beider Parallaxen enthält, so folgt:

$$\frac{\sin P}{\sin P'} \cos\delta' \cos D' \sin\alpha' \cos A' = \cos\delta \cos D \sin\alpha \cos A - r \cos\varphi' \cos D \sin\theta \cos A \,.\, P \sin 1'' - r \cos\varphi' \cos\delta \cos\theta \sin\alpha \,.\, \pi \sin 1''$$

$$\frac{\sin P}{\sin P'} \cos\delta' \cos D' \cos\alpha' \sin A' = \cos\delta \cos D \cos\alpha \sin A - r \cos\varphi' \cos D \cos\theta \sin A \,.\, P \sin 1'' - r \cos\varphi' \cos\delta \sin\theta \cos\alpha \,.\, \pi \sin 1''$$

Also ergiebt sich durch Subtraktion

$$\frac{\sin P}{\sin P'} \cos\delta' \cos D' \sin(\alpha' - A') = \cos\delta \cos D \sin(\alpha - A) - r \cos\varphi' \cos D \sin(\theta - A) \,.\, P \sin 1'' + r \cos\varphi' \cos\delta \sin(\theta - \alpha) \,.\, \pi \sin 1''$$

Da das letzte Glied der rechten Seite dieser Gleichung gegenüber den übrigen Gliedern stets von recht geringem Betrage sein wird und da wir im folgenden nur solche Fälle betrachten werden, wo Mond und Sonne einander sehr nahe stehen, so können wir in jenem Gliede ohne merklichen Fehler δ durch D und α durch A ersetzen. Dadurch nimmt die letzte Gleichung die folgende einfachere Form an:

$$\frac{\sin P}{\sin P'} \cdot \frac{\cos\delta' \cos D'}{\cos D} \sin(\alpha' - A') = \cos\delta \sin(\alpha - A) - r \cos\varphi' \sin(\theta - A) \,.\, (P - \pi) \sin 1'' \quad \ldots\ldots (63)$$

Für den Augenblick, in welchem für den Beobachtungsort die scheinbare Konjunktion (in Rektascension) zwischen Mond und Sonne eintritt, verschwindet die linke Seite dieser Gleichung; man hat also für diesen Moment die Beziehung

$$\sin(\theta - A) = \frac{\cos\delta \sin(\alpha - A)}{r \cos\varphi' \,.\, (P - \pi) \sin 1''} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (64)$$

Wir wollen nun wieder wie früher die Zeit (in Sternzeit ausgedrückt), welche verfliesst zwischen der wahren Konjunktion in Rektascension und der scheinbaren Konjunktion für den Beobachtungsort mit y_s bezeichnen;

Digitized by Google

dasselbe Intervall in mittlerer Zeit ausgedrückt sei y. Da im Augenblicke der wahren Konjunktion die Sternzeit am Beobachtungsorte $\theta_0+\lambda$ ist, so hat man dort im Augenblicke der scheinbaren Konjunktion die Sternzeit $\theta_0+\lambda+y_s$. Ferner können wir die Annahme machen, dass für die wenigen in Betracht kommenden Stunden die Bewegungen von Mond und Sonne in den wahren Koordinaten gleichförmig erfolgen; es ist also

$$\alpha = A_0+(9.99881)\,\Delta\alpha\,.\,y_s$$
$$A = A_0+(9.99881)\,\Delta A\,.\,y_s = A_0+\Delta A\,.\,y$$

Berücksichtigt man ausserdem, dass für den von uns betrachteten Fall $\alpha-A$ ein kleiner Winkel ist, und dass es demnach gestattet sein wird, den Bogen an Stelle des Sinus zu setzen, so geht die Gleichung (64) über in die folgende:

$$sin\,(\theta_0-A_0+\lambda+y_s-\Delta A\,.\,y) = \frac{(\Delta\alpha-\Delta A)\,cos\,\delta}{P-\pi}\,.\,\frac{(9.99881)}{r\,cos\,\varphi'}\,.\,y_s$$

Nach den Substitutionen

$$\Delta A = \Delta\alpha-\Delta A \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (65)$$
$$\Pi = P-\pi \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (66)$$

und

$$p'_1 = \frac{\Delta A\,cos\,\delta}{\Pi} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (67)$$

erhält man endlich

$$sin\,(\theta_0-A_0+\lambda+y_s-\Delta A\,y) = (9.99881)\,\frac{p'_1}{r\,cos\,\varphi'}\,y_s \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (68)$$

Man erhält aus dieser Gleichung durch zweimalige Benutzung der Tafel 5, welche eine Lösung der Gleichung

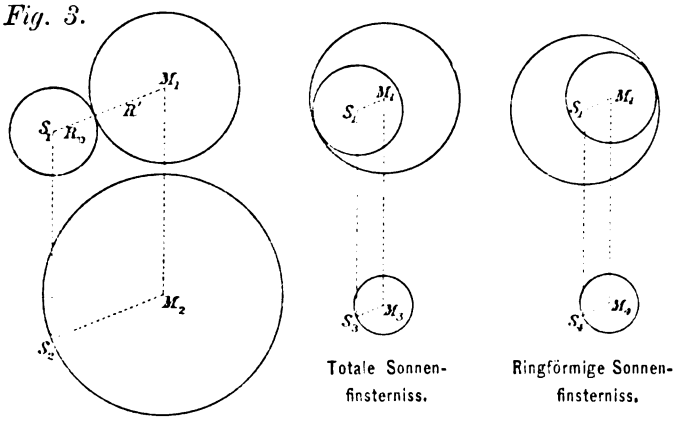
$$sin\,(S+y_s) = (9.99881)\,\frac{p'}{r\,cos\,\varphi'}\,y_s$$

giebt, die Unbekannte y. Indem man nämlich zunächst das kleine Korrektionsglied $\Delta A\,.\,y$ vernachlässigt, ergiebt sich aus der Tafel ein schon sehr nahe richtiger Werth von y; durch die Wiederholung der Interpolation für das Vertikal-Argument

$$S = \theta_0-A_0+\lambda-\Delta A\,.\,y$$

erhält man dann den strengen Werth. Es möge gleich hier bemerkt werden, dass für die zweite Näherung das Korrektionsglied $\Delta A\,.\,y$ unmittelbar aus Tafel 19 mit den Argumenten ΔA und y entnommen werden kann.

Fig. 3.



Wir wollen uns jetzt einen Augenblick vorstellen, dass sich am Himmel an Stelle des Mondes M_1 und der Sonne S_1 erstens ein Mond M_2 mit dem scheinbaren Radius $R'+R_\odot$ sowie zweitens ein Stern S_2 befinde (Fig. 3). Den substituirten Körpern M_2 und S_2 mögen die gleichen Koordinaten, stündlichen Bewegungen und Parallaxen zukommen, welche die wirklichen Körper M_1 und S_1 besitzen. Es ist nun ohne weiteres klar, dass der Eintritt des Sterns S_2 in den vergrösserten Mond M_2 und der Austritt aus demselben in den gleichen Momenten erfolgen werden, in welchen die äusseren Kontakte der wirklichen Körper M_1 und S_1 stattfinden. — Wenn wir uns andererseits vorstellen, dass an Stelle der wirklichen Körper M_1 und S_1 ein Mond M_3 (oder M_4) mit dem Radius $R'-R_\odot$ (oder $R_\odot-R'$) sowie ein Stern S_3 (oder S_4) gesetzt sei, so erkennt man, dass Eintritt und Austritt des Sterns S_3 (oder S_4) gleichzeitig mit den Momenten der inneren Kontakte der wirklichen Körper eintreten müssen. Wir sind auf Grund dieser Betrachtungen im Stande, das Problem der Sonnenfinsterniss auf dasjenige der Sternbedeckung zurückzuführen. Freilich sind hierbei die in der früheren Abhandlung enthaltenen Ausführungen und Formeln jetzt nicht ohne weiteres anwendbar, weil wir damals angenommen hatten, dass die Koordinaten des Sterns unveränderlich seien und dass der letztere keine merkbare Parallaxe besitze.

Wir haben zunächst, wie früher, die Zeiten zu ermitteln, zu welchen der Stern (Sonnenmittelpunkt) S die Stundenkreise des östlichsten und westlichsten Randpunktes des vergrösserten (oder verkleinerten) Mondes

Digitized by Google

passirt. Es beträgt die Entfernung zwischen dem Mittelpunkte des Mondes und dem östlichsten sowie dem westlichsten Punkte des Randes

in Bogen grössten Kreises $\Sigma' R = R' + R_\odot'$ bezw. $= \pm (R' - R_\odot)$ ..... (69)

mithin in Rektascension $\dfrac{\Sigma R}{\cos \delta'}$ ..... (70)

Dieser Rektascensionsdifferenz entspricht im Parallel der Deklination D' die Entfernung (in Bogen grössten Kreises)

$$\frac{\cos D'}{\cos \delta'} \Sigma R \quad \ldots\ldots (71)$$

Wenn wir also einen Augenblick annehmen, dass sich in dieser Entfernung westlich von dem zur Bedeckung gelangenden Stern ein anderer Stern befinde, so passirt der wirkliche Stern im gleichen Augenblicke den Stundenkreis des östlichsten Randpunktes, in welchem der fingirte Stern mit dem Mittelpunkte des Mondes in Konjunktion gelangt. In gleicher Weise können wir uns aber auch vorstellen, dass sich östlich von dem wirklichen Stern in der angegebenen Entfernung ein zweiter fingirter Stern befinde; die Konjunktion des letzteren mit dem Mondmittelpunkte tritt dann gleichzeitig mit dem Passiren des wirklichen Sterns durch den Stundenkreis des westlichsten Randpunktes ein. — Um also die uns interessirenden Zeiten zu finden, haben wir erstens die Zeit der wahren Konjunktion für jeden der beiden fingirten Sterne zu berechnen und an diese die Zeitdifferenz zwischen der wahren und scheinbaren Konjunktion, welche mit Hülfe der Gleichung (68) zu ermitteln ist, anzubringen.

Bevor wir aber an diese Aufgabe herantreten, wollen wir den Werth für den Radius des vergrösserten (bezw. verkleinerten) Mondes auf eine für die numerische Rechnung bequeme Form bringen. — Nach Gleichung (48) war

$$\frac{\sin P}{\sin P'} = 1 - \sin P \frac{r \sin \varphi'}{\sin g} \cos (\delta - g) ;$$

daher ist unter Vernachlässigung der Glieder von höherer Ordnung

$$\frac{\sin P'}{\sin P} = 1 + \sin P \frac{r \sin \varphi'}{\sin g} \cos (\delta - g)$$

$$= 1 + \sin 1'' \frac{R}{\varrho} \cdot \frac{r \sin \varphi'}{\sin g} \cos (\delta - g)$$

Berücksichtigt man ferner, dass

$$R' = R \frac{\sin P'}{\sin P} = R + \sin 1'' \frac{R^2}{\varrho} \cdot \frac{r \sin \varphi'}{\sin g} \cos (\delta - g)$$

ist, so erhält man nach den Substitutionen

$$c_1 = \sin 1'' \frac{\Re^2}{\varrho} \cdot \frac{r \sin \varphi'}{\sin g} \cos (\delta - g) \quad \ldots\ldots (72)$$

und $$c_2 = c_1 \frac{R^2}{\Re^2} - c_1 \quad \ldots\ldots (73)$$

$$R' = R + c_1 + c_2 \quad \ldots\ldots (74)$$

und es wird $$\Sigma' R = R + R_\odot + c_1 + c_2 \quad \text{bezw.} \quad = \pm \left[R - R_\odot + c_1 + c_2 \right] \quad \ldots\ldots (75)$$

Man entnimmt aus Tafel 16 mit den Argumenten $\frac{r \sin \varphi'}{\sin g}$ (horizontal) und $\delta - g$ (vertikal) den Werth c_1, sowie aus Tafel 17 mit den Argumenten c_1 (horizontal) und R (vertikal) den Werth c_2. — Der grösste Werth, welchen der Ausdruck $\frac{r \sin \varphi'}{\sin g} \cos (\delta - g)$ annehmen kann, ist gleich der Einheit, der kleinste ist Null; man überzeugt sich hiervon leicht mit Hülfe der Substitutionsgleichungen für g (Gleichung 38 und 39). Der mittlere Werth von $c_1 + c_2$, welchen wir durch Einklammern charakterisiren wollen, wird demnach

$$(c_1 + c_2) = \frac{\sin 1'' . \Re^2}{2 \varrho} = 8'' \quad \ldots\ldots (76)$$

Es möge gleich hier erwähnt werden, in welcher Weise die soeben entwickelten Formeln später für die numerische Rechnung verwendet werden sollen. Man wird die Vorausberechnung mit der Ermittelung der äusseren Kontaktmomente beginnen, und zwar wird es sich empfehlen, hierbei die Vorschriften des § 5

Digitized by Google

zu benutzen, also die Berechnung der Werthe DT sowohl für den östlichsten und westlichsten Randpunkt als auch für den Mondmittelpunkt durchzuführen. Diese Vermehrung der Genauigkeit ist aus dem Grunde wünschenswerth, weil die Zeit, welche der Stern gebraucht, um vom Stundenkreise des östlichsten zu demjenigen des westlichsten Randpunktes zu gelangen, in diesem Falle ungefähr doppelt so gross ist als bei einer Fixsternbedeckung; man würde deshalb einen nicht unwesentlichen Fehler begehen, wenn man für eine so lange Zeit eine geradlinige und gleichförmige relative Bewegung voraussetzen wollte. Weil aber die Werthe $\frac{r \sin \varphi'}{\sin g}$ und $\delta - g$ zunächst unbekannt sind, wird es nicht möglich sein, die Grössen c_1 und c_2 aus den Tafeln zu entnehmen. Man würde nun mit einer für das Problem genügenden Genauigkeit $c_1 + c_2 = 0$ setzen können, doch kommt man im Durchschnitt der Wahrheit noch etwas näher, wenn man statt dessen für $c_1 + c_2$ den oben angegebenen Mittelwerth einführt. Im allgemeinen wird man hierdurch im Stande sein, die Kontaktmomente innerhalb einer halben Minute zu ermitteln. Trotzdem diese Genauigkeit für die Praxis wohl als ausreichend bezeichnet werden darf, sind die obigen Entwickelungen etwas strenger als unmittelbar zur Ableitung des Mittelwerthes erforderlich durchgeführt und die Tafeln 16 und 17 entworfen worden, weil es vielleicht manchem Beobachter angenehm sein dürfte, wenn hier auch gezeigt wird, wie man ohne grosse Arbeit zu einer Vorausberechnung gelangen kann, welche sich von den Resultaten einer strengen Rechnung stets nur um wenige Sekunden unterscheidet. — Man wird nämlich in diesem Falle nur in erster Näherung von dem obigen Mittelwerthe Gebrauch machen, später aber, nachdem genügend genaue Werthe von $\frac{r \sin \varphi'}{\sin g}$ und $\delta - g$ erlangt sind, die Tafeln 16 und 17 zur Entnahme von c_1 und c_2 benutzen und alsdann die Rechnung mit den strengeren Werthen von R' wiederholen. An einem Beispiel wird später gezeigt werden, dass es nicht erforderlich ist, die erste Näherung vollständig zu Ende zu führen. — Günstiger noch gestaltet sich die strengere Vorausberechnung der inneren Kontaktmomente. Hier bietet die oben erwähnte, für den Mondmittelpunkt durchgeführte Berechnung schon hinreichend genaue Werthe von $\frac{r \sin \varphi'}{\sin g}$ und $\delta - g$, so dass die Benutzung der Tafeln 16 und 17 und somit eine Rechnung nach den strengeren Formeln ohne weiteres möglich ist.

Wir kehren nach diesen Vorbereitungen zurück zu der früher bereits in Aussicht genommenen Aufgabe, nämlich zur Ermittelung der scheinbaren Konjunktionszeiten beider fingirten Sterne. Zunächst wollen wir in Analogie unserer früheren Betrachtungen setzen

$$\Sigma' \varrho = \frac{\Sigma' R}{H} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (77)$$

Dann ist also nach (70) die Rektascensionsdifferenz zwischen dem wirklichen Stern und den beiden fingirten

$$a = \Sigma' \varrho \frac{H}{\cos \delta'} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (78)$$

Wir werden später gelegentlich von dem folgenden, sehr nahe richtigen Werthe Gebrauch machen

$$a = \Sigma' \varrho \frac{H}{\cos \delta} = \frac{1}{4} \frac{\Sigma' \varrho}{p_1'} \Delta A \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (79)$$

Der numerische Faktor ist so gewählt, dass man a in Bogenminuten erhält, wenn man ΔA in Zeitsekunden ausgedrückt einführt. — Auf Grund der strengen Gleichung (78) entfernen sich Stern und Mond um den Betrag a in wahrer Rektascension von einander in der Zeit

$$x = \mp \Sigma' \varrho \frac{H}{\Delta A \cos \delta'} = \mp \Sigma' \varrho \frac{\cos \delta}{\cos \delta'} \frac{1}{p_1'}$$

$$= \mp \frac{\cos \left(\delta' - [\delta' - \delta]\right)}{\cos \delta'} \cdot \frac{\Sigma' \varrho}{p_1'}$$

Daher ergiebt sich nach Ausführung einiger in unserem Falle zulässiger Vereinfachungen:

$$x = \mp \frac{\Sigma' \varrho}{p_1'} \left(1 + \sin 1'' \, [\delta' - \delta] \, tg \, \delta_0\right) = \mp \frac{\Sigma' \varrho}{p_1'} \left(1 + \sin 1'' \, [57' \, 2''.27 - 8''.80] \frac{\delta' - \delta}{H} \, tg \, \delta_0\right)$$

$$= \mp \frac{\Sigma' \varrho}{p_1'} \left[1 + (8.2188) \frac{\delta' - \delta}{H} \, tg \, \delta_0\right] \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (80)$$

Digitized by Google

Substituirt man nun

$$\xi = \mp \frac{\Sigma' \varrho}{p_1'} \quad \ldots\ldots (81)$$

und

$$\varepsilon = log \left[1 + (8.2188) \frac{\delta' - \delta}{\Pi} tg\, \delta_0\right] \quad \ldots\ldots (82)$$

so wird

$$log\, x = log\, \xi + \varepsilon \quad \ldots\ldots (83)$$

Aus Tafel 18 erhält man mit den Argumenten $\frac{\delta' - \delta}{\Pi}$ (vertikal) und δ_0 (horizontal) den Werth ε in Einheiten der vierten Dezimalstelle; ε ist positiv, wenn die beiden Argumente das gleiche Vorzeichen haben, es ist dagegen negativ, wenn die Argumente entgegengesetzte Vorzeichen haben. — Der Werth x erscheint hier als Bruchtheil einer Stunde mittlerer Zeit; dieselbe Grösse in Sternzeit und Bogenmaass (Minutenbruch) ausgedrückt, möge mit x_s bezeichnet werden, also

$$x_s = 902'.46\, x = (2.95543)\, x \quad \ldots\ldots (84)$$

Um nun die zwischen der wahren und der scheinbaren Konjunktion der fingirten Sterne verfliessende Zeit zu ermitteln, haben wir in Gleichung (68) zu ersetzen

$$\theta_0 \quad \text{durch} \quad \theta_0 \mp x_s$$
$$A_0 \quad \text{durch} \quad A_0 \mp a$$

Macht man nunmehr von dem in der Gleichung (79) gegebenen Werthe von a Gebrauch, so ist die an $\theta_0 - A_0$ anzubringende Korrektion, welche wir mit M bezeichnen wollen,

$$M = \mp \left[902'.46\, x - \frac{1}{4} \frac{\Sigma' \varrho}{p_1'} \Delta A\right] = \mp \left[902'.46\, x - \frac{1}{4} \Delta A \,.\, \xi\right]$$

Da es erlaubt sein wird, in dem relativ kleinen zweiten Gliede der rechten Seite ξ durch x zu ersetzen, so erhält man nach der Substitution

$$\mu = 902.46 - \frac{1}{4} \Delta A \quad \ldots\ldots (85)$$

$$M = \mu \,.\, x \quad \ldots\ldots (86)$$

Tafel 15 giebt mit dem Argumente ΔA den Werth $log\, \mu$. Nach der weiteren Substitution

$$S = \theta_c - A_0 \mp M - \Delta A \,.\, y \quad \ldots\ldots (87)$$

geht schliesslich die Gleichung, mit Hülfe derer wir die Unbekannte y_s berechnen, über in

$$sin\, (S + \lambda + y_s) = (9.99881) \frac{p_1'}{r\, cos\, \varphi'} y_s \quad \ldots\ldots (88)$$

Fasst man nochmals die bisherigen Ueberlegungen zusammen, so erkennt man, dass die vier numerischen Werthe, welche sich unter Berücksichtigung der doppelten Werthe von $\Sigma' R$ und der doppelten Vorzeichen von x für den Ausdruck $T_0 + x + y$ ergeben, die mittleren Greenwicher Zeiten darstellen, zu welchen der Stern (Sonnenmittelpunkt) den Stundenkreis des östlichsten und des westlichsten Randpunktes des vergrösserten bezw. des verkleinerten Mondes passirt. Der Stundenwinkel des Mondmittelpunktes ist für diese Zeiten am Beobachtungsorte $S + \lambda + y_s$.

Wir wollen nun für die angegebenen Zeiten $T_0 + x + y$ die Werthe von $\delta' - D'$ berechnen. Zunächst können wir die folgende Zerlegung vornehmen:

$$\delta' - D' = (\delta' - \delta) + (\delta - \delta_0) + (\delta_0 - D_0) - (D - D_0) - (D' - D) \quad \ldots\ldots (89)$$

Weil in diesem Falle Stern (Sonne) und Mond sehr nahe bei einander stehen und die Parallaxe des ersteren sehr klein ist, so können wir mit vollkommen ausreichender Genauigkeit schreiben:

$$D' - D = \frac{\pi}{P} (\delta' - \delta) \quad \ldots\ldots (90)$$

Berücksichtigt man ferner, dass wir für die wenigen Stunden, während welcher die Bedeckung von Punkten der Erdoberfläche überhaupt beobachtet werden kann, bei beiden Himmelskörpern eine gleichförmige Bewegung in beiden Koordinaten vorausgesetzt haben, so wird

$$\delta - \delta_0 = \Delta\delta\, (x + y) \quad \ldots\ldots (91)$$

$$D - D_0 = \Delta D\, (x + y) \quad \ldots\ldots (92)$$

Digitized by Google

Nach den weiteren Substitutionen

$$\Delta\Delta = \Delta\delta - \Delta D \quad \ldots\ldots (93)$$

$$q_1' = \frac{\Delta\Delta}{\Pi} \quad \ldots\ldots (94)$$

und

$$q_0 = \frac{\delta_0 - D_0}{\Pi} \quad \ldots\ldots (95)$$

geht also die Gleichung (89) über in

$$\delta' - D' = (\delta' - \delta)\left(1 - \frac{\pi}{P}\right) + \Delta\Delta\,(x+y) + (\delta_0 - D_0)$$

$$= \frac{(\delta' - \delta)\,\Pi}{P} + \Delta\Delta\,(x+y) + (\delta_0 - D_0)$$

oder

$$\frac{\delta' - D'}{\Pi} = \frac{\delta' - \delta}{P} + q_1'\,(x+y) + q_0 \quad \ldots\ldots (96)$$

Die Gleichung (46) in der früheren Abhandlung lautete:

$$\frac{\delta' - \delta}{P} = \frac{r \sin \varphi'}{\sin g} \sin(\delta_0 - g) + h + k + f q'\,(x+y)$$

Sieht man nun darüber hinweg, dass die in dem letzten kleinen Korrektionsgliede enthaltene Grösse q' ein wenig anders als unser Werth q_1' definirt war und substituirt wieder

$$q_1 = q_1' + f q_1' \quad \ldots\ldots (97)$$

so erhält man schliesslich

$$\frac{\delta' - D'}{\Pi} = \frac{r \sin \varphi'}{\sin g} \sin(\delta_0 - g) + h + k + q_1\,(x+y) + q_0 \quad \ldots\ldots (98)$$

Unter denselben abkürzenden Annahmen, welche auf Seite 10 der früheren Abhandlung angegeben worden sind, würde man jetzt auf den Tangenten I und II (Fig. 2) die Strecken $\frac{\delta' - D'}{\Pi}$ abzutragen haben; der Radius des Kreises würde im vorliegenden Falle

$$\frac{\Sigma' R}{\Pi} = \Sigma' \varrho$$

sein. Um nun aber das frühere Diagramm benutzen zu können, in welchem der Radius des Kreises zu 0.2744 der Seitenskalen gewählt worden war, wird man die Beträge $\frac{\delta' - D'}{\Pi}$ vorher mit dem Faktor $\frac{(9.4384)}{\Sigma' \varrho}$ zu multipliziren haben. Es sind demnach die in Einheiten der Seitenskalen ausgedrückten Werthe

$$DT = \frac{(9.4384)}{\Sigma' \varrho}\left[\frac{r \sin \varphi'}{\sin g} \sin(\delta_0 - g) + h + k + q_1\,(x+y) + q_0\right] \quad \ldots\ldots (99)$$

auf den Tangenten I und II sowie auf der durch den Mondmittelpunkt gehenden Geraden abzusetzen. In gleicher Weise wie bei der Sternbedeckungsrechnung erhält man dann auf graphischem Wege die Positionswinkel der Kontakte Q_1 und Q_2 und mit Hülfe der Tafel 11 die Grössen

$$z_1 = (\sigma_2 - \sigma_1) \sin^2 \tfrac{1}{2}(Q_1 - 90^\circ) \quad \ldots\ldots (100)$$

$$z_2 = -(\sigma_2 - \sigma_1) \sin^2 \tfrac{1}{2}(Q_1 + 90^\circ) \quad \ldots\ldots (101)$$

wo

$$\sigma_1 = x_1 + y_1 \quad \ldots\ldots (102)$$

und

$$\sigma_2 = x_2 + y_2 \quad \ldots\ldots (103)$$

zu setzen ist.

Hierbei möge noch besonders darauf aufmerksam gemacht werden, dass bei der oben vorgeschlagenen Berechnung in drei Kolumnen die Differenzen der Werthe σ in den äusseren Kolumnen (östlichster und westlichster Randpunkt) gegen den Werth in der inneren Kolumne (Mondmittelpunkt) nach unserer früheren Definition als $\frac{1}{2}(\sigma_2 - \sigma_1)$ zu betrachten sind; man hat deshalb diese Differenzen mit 2 zu multipliziren, um $\sigma_2 - \sigma_1$ zu erhalten. — Die Werthe

$$T_0 + x_1 + y_1 + z_1 \quad \ldots\ldots (104)$$

$$T_0 + x_2 + y_2 + z_2 \quad \ldots\ldots (105)$$

Digitized by Google

stellen schliesslich die Zeiten der Kontaktmomente dar. Da es üblich ist, die Positionswinkel der Berührungspunkte nicht für den Mond, sondern für die Sonne anzugeben, so sind die oben graphisch erhaltenen Winkel Q um 180° zu vermehren oder zu vermindern.

Bei der Berechnung der Zeiten für die inneren Kontaktmomente kann man ferner wegen der kurzen Dauer der Totalität oder der ringförmigen Verfinsterung noch einige wesentliche Kürzungen eintreten lassen und verschiedene Daten aus der Berechnung der äusseren Momente unmittelbar benutzen. Wie theilweise oben bereits erwähnt, wird man die Werthe R', ε, μ, ΔAy u. s. w. aus der mittleren Kolumne der früheren Rechnung entnehmen und damit die Werthe σ für den östlichsten und westlichsten Randpunkt des verkleinerten Mondes berechnen. Auch kann man sofort den Punkt ermitteln, in welchem der Weg des Sterns (d. h. des Sonnenmittelpunktes) den Stundenkreis des Mondmittelpunktes trifft, indem man nämlich den Werth $\frac{\delta' - D'}{H}$ in der früheren mittleren Kolumne mit dem für die innere Berührung geltenden Konstruktionsfaktor $\frac{(9.4384)}{\Sigma' \varrho}$ multiplizirt. Führt man durch diesen Punkt eine Gerade, welche parallel der für die äusseren Momente geltenden Geraden $T_1 T_2$ ist, so erhält man die Positionswinkel Q_1 und Q_2, mit welchen man die Rechnung in zwei Kolumnen zu Ende führt.

§ 9. Beispiel für die Berechnung der Hülfsgrössen.

Als Beispiel für die Berechnung der Hülfsgrössen wählen wir die Sonnenfinsterniss von 1896 August 8. Das „Nautical Almanac" giebt für diese Finsterniss die folgenden Elemente:

Mittlere Greenwicher Zeit der Konjunktion in Rektascension	$16^h\ 37^m\ 23^s.0$
Wahre Rektascension des Mondes und der Sonne	$9^h\ 17^m\ 57^s.67$
Wahre Deklination des Mondes	$+16°\ 29'\ 18''.1$
» » der Sonne	$+15°\ 44'\ 22''.9$
Stündliche Bewegung des Mondes in wahrer Rektascension	$+34'\ 29''.4$
» » der Sonne » » »	$+\ 2'\ 22''.7$
» » des Mondes » » Deklination	$-13'\ 56''.0$
» » der Sonne » » »	$-\ 0'\ 43''.6$
Aequatorial-Horizontal-Parallaxe des Mondes	$59'\ 28''.0$
» » » der Sonne	$8''.7$
Wahrer Halbmesser des Mondes	$16'\ 13''.9$
» » der Sonne	$15'\ 48''.4$

Aus den Ephemeriden für Mond und Sonne erlangt man ferner durch Interpolation die folgenden Werthe:

1896	A. R. des Mondes		Dekl. des Mondes		Parallaxe d. Mondes		Halbmesser des Mondes	
Aug. 8 15^h	$9^h 14^m 13^s.45$	−22	$+16°\ 51'\ 46''.7$	−65	$59'\ 25''.7$		$16'\ 13''.3$	
		+138.21		−828.9		+14		+3
16	16 31.66	−22	16 37 57.8	−63	27.1		13.6	
		+137.99		−835.2		+13		+4
17	18 49.65	−23	16 24 2.6	−63	28.4		14.0	
		+137.76		−841.5		+14		+4
18	21 7.41	−23	16 10 1.1	−62	29.8		14.4	
		+137.53		−847.7		+13		+3
19	23 24.94	−21	15 55 53.4	−61	31.1		14.7	
		+137.32		−853.8		+14		+4
20	9 25 42.26	−23	+15 41 39.6	−59	59 32.5		16 15.1	

1896	A. R. der Sonne		Dekl. der Sonne		Parallaxe der Sonne	Halbmesser der Sonne
Aug. 8 15^h	$9^h 17^m 42^s.23$		$+15°\ 45'\ 33''.6$		$8''.7$	$15'\ 48''.4$
		+9.51		−43.6		
16	17 51.74		44 50.0			
		+9.51		−43.5		
17	18 1.25		44 6.5			
		+9.50		−43.6		
18	18 10.75		43 22.9			
		+9.50		−43.6		
19	18 20.25		42 39.3			
		+9.51		−43.7		
20	9 18 29.76		+15 41 55.6		8.7	15 48.4

Digitized by Google

Es ist bei den Entwickelungen des vorigen Paragraphen angenommen worden, dass für die wenigen Stunden, während welcher eine Sonnenfinsterniss von Punkten der Erdoberfläche überhaupt erblickt werden kann, die Bewegungen von Mond und Sonne in beiden Koordinaten gleichförmige seien. Wir können nun die Fehler, welche aus dieser nicht vollständig strengen Annahme entspringen, dadurch aus der Rechnung beseitigen, dass wir für mehrere in gleichen Intervallen fortschreitende Zeiten $T_0+\sigma$ die Bewegungen aus den Formeln

$$\Delta\alpha_a = \frac{\alpha_a-\alpha_0}{\sigma} \qquad \Delta\delta_a = \frac{\delta_a-\delta_0}{\sigma}$$

$$\Delta A_a = \frac{A_a-A_0}{\sigma} \qquad \Delta D_a = \frac{D_a-D_0}{\sigma}$$

entnehmen und alsdann für diese Zeiten

$$p'_1 = \frac{\Delta A_a \cos\delta}{\Pi} = \frac{\alpha_a-A_a}{\sigma}\cdot\frac{\cos\delta}{\Pi}$$

und

$$q'_1 = \frac{\Delta\Delta_a}{\Pi} = \frac{(\delta_a-D_a)-(\delta_0-D_0)}{\sigma}\cdot\frac{1}{\Pi}$$

berechnen; die Werthe $\cos\delta$ und Π sind hierbei für den Mittelwerth der Zeiten zwischen $T_0+\sigma$ und T_0, nämlich für $T_0+\frac{1}{2}\sigma$, aus der Ephemeride zu entnehmen. Nachdem man dann bei der ersten Näherung die für T_0 geltenden Beträge von p'_1 und q'_1 benutzt und schon nahe richtige Werthe von $T_0+\sigma$ abgeleitet hat, führt man bei der zweiten Näherung die den letzteren Zeiten entsprechenden Beträge jener Grössen ein. Es werden nunmehr die folgenden Rechnungen aus den Ueberschriften der Kolumnen ohne weiteres verständlich sein.

	$\alpha-A$		$\delta-D$	$(\delta-D)-(\delta_0-D_0)$	Π	$\log\cos\delta$
15h0	−208″78	= −3131″7	+1° 6′ 13″1	+1277″9	3557″0	9.98091
		+1930″5		−785″3	+14	+53
16.0	− 80.08	− 1201.2 −33	+0 53 7.8	+ 492.6 −64	3558.4	9.98144
		+1927.2		−791.7	+13	+52
17.0	+ 48.40	+ 726.0 −33	+0 39 56.1	− 299.1 −62	3559.7	9.98196
		+1923.9		−797.9	+14	+52
18.0	+176.66	+2649.9 −34	+0 26 38.2	−1097.0 −62	3561.1	9.98248
		+1920.5		−804.1	+13	+51
19.0	+304.69	+4570.4 −34	+0 13 14.1	−1901.1 −60	3562.4	9.98299
		+1917.1		−810.1	+14	+51
20.0	+432.50	= +6487.5	−0 0 16.0	−2711.2	3563.8	9.98350

σ	$T_0+\sigma$	$\alpha-A$	$(\delta-D)-(\delta_0-D_0)$	ΔA	$\Delta\Delta$	$\log\Delta A$	$\log\Delta\Delta$	$T_0+\frac{1}{2}\sigma$	Π
−2h0	14h6230	−3860″3	+1572″3	+1930″1	−786″1	3.285 58	2.895 48 *n*	15.6230	3557″9
−1.5	15.1230	−2894.0	+1181.6	1929.3	787.7	3.285 42	2.896 36 *n*	15.8730	3558.2
−1.0	15.6230	−1928.5	+ 789.4	1928.5	789.4	3.285 22	2.897 30 *n*	16.1230	3558.6
−0.5	16.1230	− 963.9	+ 395.5	1927.8	791.0	3.285 06	2.898 18 *n*	16.3730	3558.9
0.0	16.6230	− 0.1	+ 0.1	1926.8	792.4	3.284 84	2.898 94 *n*	16.6230	3559.2
+0.5	17.1230	+ 962.9	− 396.9	1925.8	793.8	3.284 61	2.899 71 *n*	16.8730	3559.5
+1.0	17.6230	+1925.1	− 795.5	1925.1	795.5	3.284 45	2.900 64 *n*	17.1230	3559.9
+1.5	18.1230	+2886.4	−1195.6	1924.3	797.1	3.284 28	2.901 51 *n*	17.3730	3560.2
+2.0	18.6230	+3846.9	−1597.3	1923.4	798.6	3.284 07	2.902 33 *n*	17.6230	3560.6
+2.5	19.1230	+4806.5	−2000.5	1922.6	800.2	3.283 89	2.903 20 *n*	17.8730	3560.9
+3.0	19.6230	+5765.3	−2405.1	+1921.8	−801.7	3.283 71	2.904 01 *n*	18.1230	3561.3

$\log\cos\delta$	$\log\Delta A\cos\delta$	$\log\Pi$	$\log p'_1$	$\log q'_1$	q'_1	$\log q_0$	q_0
9.981 24	3.266 82	3.551 20	9.7156	9.344 28 *n*	−0.2209	9.879 39	+0.758
9.981 37	3.266 79	3.551 23	9.7156	9.345 13 *n*	−0.2214	9.879 36	+0.757
9.981 50	3.266 72	3.551 28	9.7154	9.346 02 *n*	−0.2218	9.879 31	+0.757
9.981 63	3.266 69	3.551 32	9.7154	9.346 86 *n*	−0.2223	9.879 27	+0.757
9.981 77	3.266 61	3.551 35	9.7153	9.347 59 *n*	−0.2226	9.879 24	+0.757
9.981 89	3.266 50	3.551 39	9.7151	9.348 32 *n*	−0.2230	9.879 20	+0.757
9.982 02	3.266 47	3.551 44	9.7150	9.349 20 *n*	−0.2235	9.879 15	+0.757
9.982 15	3.266 43	3.551 47	9.7150	9.350 04 *n*	−0.2239	9.879 12	+0.757
9.982 29	3.266 36	3.551 52	9.7148	9.350 81 *n*	−0.2243	9.879 07	+0.757
9.982 41	3.266 30	3.551 56	9.7147	9.351 64 *n*	−0.2247	9.879 03	+0.757
9.982 54	3.266 25	3.551 61	9.7146	9.352 40 *n*	−0.2251	9.878 98	+0.757

Digitized by Google

					Aeussere Mom.	Innere Momente.
1.	T_0	$16^h\,37^m\,23^s.0$	13.	ΣR	1930".3	33".5
2.	Red.	$+\,2^m\,43^s.8$	14.		3.2856	1.5250
3.		$16^h\,40^m\,6^s.8$	15.	Π	3.5513	
4.	G	$9^h\,9^m\,57^s.9$	16.	$\Sigma\rho$	9.7343	7.9737
5.	θ_0	$1^h\,50^m\,4^s.7$	17.	p'_1	9.7153	
6.	A_0	$9^h\,17^m\,57^s.7$	18.	x	0.0190	8.2584
7.	θ_0-A_0	$16^h\,32^m\,7^s.0$	19.		$\mp\,1^h.045$	$\mp\,0^h.018$
8.		248° 1'.7	20.	ΔA	$2^m\,8^s.5$	
9.	R_0	973".9	21.	μ	2.9397	
10.	(c_1+c_2)	8".0	22.	M	2.9587	1.1981
11.	R'_0	981".9	23.		15° 9'.3	0° 15'.8
12.	$R_\odot$	948".4	24.	S_1	232° 52'.4	247° 45'.9
			25.	S_2	263° 11'.0	248° 17'.5

Formeln und Bemerkungen.

Zu Zeile 4. G bezeichnet die Sternzeit im mittleren Greenwicher Mittag.

Zu Zeile 10. $(c_1+c_2) = 8''$ ist nach Formel (76) der mittlere Werth von c_1+c_2.

Zu Zeile 11. $R'_0 = R_0+(c_1+c_2)$.

Zu Zeile 13. $\Sigma R = R'_0 \pm R_\odot$

Zu Zeile 16. $\Sigma\rho = \dfrac{\Sigma R}{\Pi}$

Zu Zeile 18. $x = \dfrac{\Sigma\rho}{p'_1}$

Zu Zeile 21. $\log\mu$ ist mit dem Argumente ΔA aus Tafel 15 zu entnehmen.

Zu Zeile 22. $M = \mu x$.

Zu Zeile 24 u. 25. $S_1 = \theta-A_0-M$; $S_2 = \theta_0-A_0+M$.

Wir wollen jetzt die für die Vorausberechnung nöthigen Hülfsgrössen in der Reihenfolge zusammenstellen, in welcher dieselben später in der Rechnung eintreten werden.

Sonnenfinsterniss 1896 August 8.

Hülfsgrössen für die Vorausberechnung.

Erste Näherung.		Aeussere Momente.		Innere Momente.	
p'_1	= 9.715 3	q'_1	= −0.223	S_1	= 247° 46'
S_1	= 232° 52'	q_0	= +0.757	S_2	= 248° 17'
S_m	= 248° 2'	$\frac{(9.4384)}{\Sigma\rho}$	= 9.704	x_1	= $-0^h.018$
S_2	= 263° 11'	T_0	= $16^h\,37^m\,23^s$	x_2	= $+0^h.018$
x_1	= $-1^h.045$			$\frac{(9.4384)}{\Sigma\rho}$	= 1.465
x_m	= $0^h.000$				
x_2	= $+1^h.045$				
δ_0	= 16° 29'				

Zweite Näherung.	σ	R	Π	p'_1	q'_1	q_0
$R_\odot$ = 15' 48".4	−2.0	16' 13".1	3.5512	9.7156	−0.2209	+0.758
μ = 2.9397	−1.5	13.3	3.5512	9.7156	0.2214	0.757
θ_0-A_0 = 248° 1'.7	−1.0	13.5	3.5513	9.7154	0.2218	0.757
ΔA = 9.5	−0.5	13.7	3.5513	9.7154	0.2223	0.757
δ_0 = +16° 29'.3	0.0	13.9	3.5513	9.7153	0.2226	0.757
T_0 = $16^h\,37^m\,23^s$	+0.5	14.0	3.5514	9.7151	0.2230	0.757
	+1.0	14.2	3.5514	9.7150	0.2235	0.757
	+1.5	14.4	3.5515	9.7150	0.2239	0.757
	+2.0	14.6	3.5515	9.7148	0.2243	0.757
	+2.5	14.8	3.5516	9.7147	0.2247	0.757
	+3.0	16 15.0	3.5516	9.7146	−0.2251	+0.757

Bezüglich der für die erste Näherung gegebenen Hülfsgrössen mögen hier noch folgende Bemerkungen beigefügt werden. Die in der zweiten und dritten Kolumne enthaltenen Werthe werden nur dann in die Rechnung eintreten, wenn man die Absicht hat, sich mit einer Vorausberechnung von etwas geringerer Genauigkeit zu begnügen, also eine zweite Näherung nicht auszuführen. Ein Beispiel dieser Art wird im folgenden Paragraphen an zweiter Stelle gegeben werden.

Der Verfasser beabsichtigt, die Hülfsgrössen für die Vorausberechnung der Sonnenfinsternisse in der vorstehenden Form alljährlich der Redaktion der „Annalen der Hydrographie u. s. w." zum Zwecke der Veröffentlichung zur Verfügung zu stellen.

§ 10. Beispiele für die Vorausberechnung.

Beispiel 1. Es soll die Vorausberechnung der Sonnenfinsterniss von 1896 Aug. 8 für denjenigen Ort ausgeführt werden, welchen die von der Pulkowaer Sternwarte unter Prof. Dr. Th. Wittram's Leitung nach Orlowskoje am Amur entsandte Expedition als Beobachtungsstation gewählt hatte.*) Die geographischen Ko-

*) Vergl. Bulletin de l'Académie Impériale des Sciences de St. Pétersbourg. Ve Série. Tome VI, No. 3 (Mars 1897).

Digitized by Google

Aeussere Momente.

Erste Näherung.

1.	$\frac{p'_1}{r\cos\varphi'}$		9.9081	
2.	$S+\lambda$	10° 0′	25° 10′	40° 19′
3.	y	+ 0ʰ.314	+ 0ʰ.729	+ 1ʰ.021
4.	σ	− 0ʰ.731	+ 0ʰ.729	+ 2ʰ.066
5.	y_s	+ 4° 43′	+ 10° 58′	+ 15° 21′
6.	$S+\lambda+y_s$	14° 43′	36° 8′	55° 40′
7.	$\cos(S+\lambda+y_s)$	9.986	9.907	9.751
8.	$tg\,g$	0.090	0.169	0.325
9.	g	50° 53′	55° 53′	64° 40′
10.	$\delta_\circ - g$	325° 36′	320° 36′	311° 49′
11.	$\sin g$	9.890	9.918	9.956
12.	$\frac{r\sin\varphi'}{\sin g}$	9.993	9.965	9.927
13.	$\sin(\delta_\circ - g)$	9.752 *n*	9.803 *n*	9.872 *n*
14.	$\frac{\delta'-\delta}{\Pi}$	9.745 *n*	9.768 *n*	9.799 *n*
15.		− 0.556	− 0.586	− 0.630

Zweite Näherung.

16.	R	16′ 13″.6	16′ 14″.1	16′ 14″.6
17.	c_1	+ 12″.6	+ 11″.1	+ 8″.7
18.	c_2	+ 1″.2	+ 1″.0	+ 0″.8
19.	R'	16′ 27″.4	16′ 26″.2	16′ 24″.1
20.	ΣR	32′ 15″.8	32′ 14″.6	32′ 12″.5
21.		1935″.8	1934″.6	1932″.5
22.		3.2869	3.2866	3.2861
23.	Π	3.5513	3.5514	3.5515
24.	$\Sigma\rho$	9.7356	9.7352	9.7346
25.	p'_1	9.7154	9.7151	9.7148
26.	ξ	0.0202 *n*		0.0198
27.	ε	− 12		− 13
28.	x	0.0190 *n*		0.0185
29.		− 1ʰ.045		+ 1ʰ.043
30.	M	2.9587 *n*		2.9582
31.		− 15° 9′.3		+ 15° 8′.2
32.	$\theta_\circ - A + M$	232° 52′.4	248° 1′.7	263° 9′.9
33.	$-\Delta Ay$	− 0′.7	− 1′.7	− 2′.4
34.	S	232° 51′.7	248° 0′.0	263° 7′.5
35.	$S+\lambda$	9° 59′.4	25° 7′.7	40° 15′.2
36.	$\frac{p'_1}{r\cos\varphi'}$	9.9082	9.9079	9.9076
37.	y	+ 0ʰ.314	+ 0ʰ.729	+ 1ʰ.021
38.	σ	− 0ʰ.731	+ 0ʰ.729	+ 2ʰ.064
39.	y_s	+ 4° 43′.4	+10° 57′.9	+15° 21′.4
40.	$S+\lambda+y_s$	+14° 42′.8	+36° 5′.6	+55° 36′.6
41.	$\cos(S+\lambda+y_s)$	9.9855	9.9074	9.7519
42.	$tg\,g$	0.0907	0.1688	0.3243
43.	g	50° 56′.3	55° 52′.0	64° 38′.7
44.	$\delta_\circ - g$	325° 33′.0	320° 37′.3	311° 50′.6
45.	$\sin g$	9.8901	9.9179	9.9560
46.	$\frac{r\sin\varphi'}{\sin g}$	9.9933	9.9655	9.9274
47.	$\sin(\delta_\circ - g)$	9.7526 *n*	9.8024 *n*	9.8721 *n*
48.	1tes Glied	9.7459 *n*	9.7679 *n*	9.7995 *n*
49.	f	+ 14	+ 12	+ 9
50.	q'_1	−0.2221	−0.2232	−0.2244
51.	fq'_1	− 31	− 27	− 20
52.	q	−0.2252	−0.2259	−0.2264
53.		9.3526 *n*	9.3539 *n*	9.3549 *n*
54.	σ	9.8639 *n*	9.8627	0.3147
55.	$q\sigma$	9.2165	9.2166 *n*	9.6696 *n*
56.	1tes Glied	−0.557	−0.586	−0.630
57.	h	− 8	− 7	− 6
58.	k	0	0	+ 1
59.		−0.565	−0.593	−0.635
60.	$q\sigma$	+0.165	−0.165	−0.467
61.		−0.400	−0.758	−1.102
62.	$q_\circ$	+0.757	+0.757	+0.757
63.	$\frac{\delta'-D'}{\Pi}$	+0.357	−0.001	−0.345
64.		9.5527	7.0000 *n*	9.5378 *n*
65.	$\frac{(9.4384)}{\Sigma\rho}$	9.7028	9.7032	9.7038
66.	DT	9.2555	6.7032 *n*	9.2416 *n*
67.		+0.180	−0.001	−0.174
68.	Q	123°.7		302°.1
69.	$\frac{1}{2}(\sigma_2-\sigma_1)$	1ʰ.460		1ʰ.335
70.	$\sigma_2-\sigma_1$	2ʰ.920		2ʰ.670
71.		0.465		0.427
72.	$\sin^2\frac{1}{2}(Q\mp 90°)$	8.925		8.884
73.	z	9.390		9.311 *n*
74.		+0.246		−0.204
75.	$\sigma+z$	−0.485		+1.860
76.		− 0ʰ29ᵐ 6ˢ		+ 1ʰ51ᵐ36ˢ
77.	Z	16ʰ 8ᵐ17ˢ		18ʰ28ᵐ59ˢ

Innere Momente.

78.	ΣR		37″.8	
79.			1.577	
80.	$\Sigma\rho$		8.026	
81.	ξ		8.311	
82.	ε		− 1	
83.	x		8.310	
84.	x	− 0ʰ.020		+ 0ʰ.020
85.	M		1.250	
86.	M	− 17′.8		+ 17′.8
87.	$\theta_\circ - A_\circ + M$	247° 43′.9		248° 19′.5
88.	S	247° 42′.2		248° 17′.8
89.	$S+\lambda$	24° 49′.9		25° 25′.5
90.	y	+ 0ʰ.722		+ 0ʰ.736
91.	σ	+ 0ʰ.702		+ 0ʰ.756
92.	$\frac{(9.438)}{\Sigma\rho}$		1.412	
93.	DT		8.412 *n*	
94.			−0.026	
95.	Q	118°.5		307°.0
96.	$\sigma_2-\sigma_1$		0ʰ.054	
97.			8.732	
98.	$\sin^2\frac{1}{2}(Q\mp 90°)$	8.782		9.003 *n*
99.	z	7.514		7.735 *n*
100.		+ 0ʰ.003		− 0ʰ.005
101.	$\sigma+z$	+ 0ʰ.705		+ 0ʰ.751
102.		+ 0ʰ42ᵐ18ˢ		+ 0ʰ45ᵐ 4ˢ
103.	Z	17ʰ19ᵐ41ˢ		17ʰ22ᵐ27ˢ

Digitized by Google

ordinaten dieses Ortes sind: $\lambda = 9^h\,8^m\,30.^s8$ östlich von Greenwich,
$\varphi = +50°\,11'\,24.''5.$

Aus der geographischen Breite erhält man unter Benutzung der im Berliner nautischen Jahrbuche Seite XXII gegebenen Tafel in bekannter Weise die folgenden Funktionen der auf den Erdmittelpunkt bezogenen Koordinaten r und φ':

$$\log r \sin\varphi' = \log\sin\varphi - s = 9.885\,46 - 0.002\,06 = 9.883\,40$$
$$\log r \cos\varphi' = \log\cos\varphi + c = 9.806\,34 + 0.000\,85 = 9.807\,19$$
$$tg\,\varphi' = 0.076\,21$$

Die Hülfsgrössen für die erwähnte Sonnenfinsterniss sind im vorigen Paragraphen abgeleitet worden. Die Vorausberechnung ist auf Seite 12 gegeben.

Formeln und Bemerkungen.

Zu Zeile 3. Der Werth y ist mit dem Horizontal-Argument $\log \frac{p'_1}{r\cos\varphi'}$ und dem Vertikal-Argument $S+\lambda$ aus Tafel 5 zu entnehmen. Vorzeichen-Regel: Wenn sich das Vertikal-Argument auf der linken Seite der Tafel befindet, so ist y positiv; wenn sich das Vertikal-Argument auf der rechten Seite der Tafel befindet, so ist y negativ.

Zu Zeile 4. $\sigma_1 = x_1+y_1 \qquad \sigma_m = x_m+y_m \qquad \sigma_2 = x_2+y_2$
Es ist zu beachten, dass x_1 stets das negative und x_2 stets das positive Vorzeichen besitzt; x_m ist stets Null.

Zu Zeile 5. Man erhält y_s mit dem Argument y aus Tafel 6.

Zu Zeile 8. $tg\,g = \frac{tg\,\varphi'}{\cos(S+\lambda+y_s)}$

Zu Zeile 9. Der Winkel g ist so zu bestimmen, dass $\sin g$ das gleiche Vorzeichen wie $\sin\varphi'$, und $\cos g$ das gleiche Vorzeichen wie $\cos(S+\lambda+y_s)$ besitzt. Es ergiebt sich hieraus die folgende Regel für die Wahl des Quadranten:

Breite nördlich
$S+\lambda+y_s$ im 1. Quadr.: g liegt im 1. Quadr. (g = Tafelwinkel).
$S+\lambda+y_s$ » 2. » » » » 2. » (g = 180°-Tafelwinkel).
$S+\lambda+y_s$ » 3. » » » » 2. » (g = 180°–Tafelwinkel).
$S+\lambda+y_s$ » 4. » » » » 1. » (g = Tafelwinkel).

Breite südlich
$S+\lambda+y_s$ im 1. Quadr.: g liegt im 4. Quadr. (g = 360°–Tafelwinkel).
$S+\lambda+y_s$ » 2. » » » » 3. » (g = 180°+Tafelwinkel).
$S+\lambda+y_s$ » 3. » » » » 3. » (g = 180°+Tafelwinkel).
$S+\lambda+y_s$ » 4. » » » » 4. » (g = 360°–Tafelwinkel).

Zu Zeile 14. $\frac{\delta'-\delta}{\Pi} = \frac{r\sin\varphi'}{\sin g}\sin(\delta_0-g)$

Zu den Zeilen 16, 23, 25, 50 und 62. Die Werthe R, Π, p'_1, q'_1 und q_0 sind für das Argument σ (Zeile 4) aus der für die zweite Näherung gegebenen Tafel der Hülfsgrössen zu entnehmen.

Zu Zeile 17. Man erhält den Werth c_1 aus Tafel 16 mit dem Horizontal-Argument $\log\frac{r\sin\varphi'}{\sin g}$ (Zeile 12) und dem Vertikal-Argument δ_0-g (Zeile 10). Das Vorzeichen ist in der Tafel angegeben.

Zu Zeile 18. Man erhält den Werth c_2 aus Tafel 17 mit dem Horizontal-Argument c_1 (Zeile 17) und dem Vertikal-Argument R (Zeile 16). Das Vorzeichen ist in der Tafel angegeben.

Zu Zeile 19. $R' = R+c_1+c_2$.

Zu Zeile 20. $\Sigma R = R'+R_\odot$

Zu Zeile 24. $\Sigma\rho = \frac{\Sigma R}{\Pi}$

Zu Zeile 26. $\xi = \frac{\Sigma\rho}{p'_1}$

Zu Zeile 27. ε ist in Einheiten der 4. Dezimalstelle aus Tafel 18 zu entnehmen; Horizontal-Argument: δ_0, Vertikal-Argument: $\frac{\delta'-\delta}{\Pi}$ (Zeile 15). ε ist positiv, wenn die Argumente gleiche Vorzeichen haben, es ist negativ, wenn die Argumente entgegengesetzte Vorzeichen haben.

Zu Zeile 28. $\log x = \log\xi+\varepsilon$.
ξ_1 und x_1 sind stets negativ; ξ_2 und x_2 sind stets positiv. ε ist stets an den numerischen Werth von $\log\xi$ anzubringen.

Zu Zeile 30. $M = \mu . x$.
M_1 hat stets das negative, M_2 stets das positive Vorzeichen; M_m ist stets Null.

Zu Zeile 33. Man entnimmt ΔAy aus Tafel 19 mit dem Horizontal-Argument ΔA und dem Vertikal-Argument y (Zeile 3).

Zu Zeile 34. $S = \vartheta_0-A_0+M-\Delta Ay$.

Zu Zeile 37. Siehe Bem. zu Zeile 3.

Zu Zeile 38. $\sigma = x+y$.
x_1 und x_2 sind aus Zeile 29 zu entnehmen; x_m ist stets Null.

Zu Zeile 39. Siehe Bem. zu Zeile 5.

Digitized by Google

Zu Zeile 43. Siehe Bem. zu Zeile 9.

Zu Zeile 48. (1tes Glied) $= \frac{r \sin \varphi'}{\sin g} \sin (\delta_o - g)$.

Zu Zeile 49. f ist in Einheiten der dritten Dezimalstelle mit dem Horizontal-Argument $\log \frac{r \sin \varphi'}{\sin g}$ (Zeile 46) und dem Vertikal-Argument $\delta_o - g$ (Zeile 44) aus Tafel 7 zu entnehmen. Das Vorzeichen ist in der Tafel angegeben.

Zu Zeile 51. fq'_1 ist in Einheiten der vierten Dezimalstelle anzugeben.

Zu Zeile 52. $q = q'_1 + fq'_1$.

Zu Zeile 56. „1tes Glied" ist der Numerus des in Zeile 48 angegebenen Logarithmus.

Zu Zeile 57. h ist in Einheiten der dritten Dezimalstelle mit dem Horizontal-Argument $\log \frac{r \sin \varphi'}{\sin g}$ (Zeile 46) und dem Vertikal-Argument $\delta_o - g$ (Zeile 44) aus Tafel 8 zu entnehmen. Vorzeichen-Regel: Wenn das Vertikal-Argument sich auf der linken Seite der Tafel befindet, so ist h positiv; wenn das Vertikal-Argument sich auf der rechten Seite der Tafel befindet, so ist h negativ.

Zu Zeile 58. k ist in Einheiten der dritten Dezimalstelle mit dem Horizontal-Argument $\log \frac{r \sin \varphi'}{\sin g}$ (Zeile 46) und dem Vertikal-Argument δ_o aus Tafel 9 zu entnehmen. Vorzeichen-Regel: Wenn das Vertikal-Argument sich auf der linken Seite der Tafel befindet, so ist k positiv; wenn das Vertikal-Argument sich auf der rechten Seite der Tafel befindet, so ist k negativ (oder: k hat das gleiche Vorzeichen wie δ_o).

Zu Zeile 59. Diese Zeile enthält die Summe der Zeilen 56, 57 und 58; also (59) $=$ (56) + (57) + (58).

Zu Zeile 60. Diese Zeile enthält die Numeri der in Zeile 55 gegebenen Logarithmen.

Zu Zeile 61. (61) $=$ (59) + (60).

Zu Zeile 63. $\frac{\delta' - D'}{\Pi} =$ (61) $+ q_o$.

Zu Zeile 66. $DT = \frac{(9.4384)}{\Sigma \rho} \cdot \frac{\delta' - D'}{\Pi}$

Zu Zeile 68. Die drei Werthe aus Zeile 67 sind in dem am Schlusse der Sternbedeckungs-Abhandlung gegebenen Diagramm an den Maassstäben der Geraden I, der durch den Mondmittelpunkt gehenden Geraden und der Geraden II abzusetzen, und zwar positive Werthe nach oben, negative nach unten. Hierauf sind die Punkte (I) und (M) sowie (M) und (II) durch Gerade zu verbinden. An der Gradtheilung des Kreises kann man nun sofort die Positionswinkel des Eintritts und des Austritts, Q_1 und Q_2, welche in Zeile 68 einzutragen sind, ablesen. — Um die auf den Sonnenmittelpunkt bezogenen Positionswinkel zu erhalten, hat man Q_1 und Q_2 um 180° zu vermehren oder zu vermindern.

Zu Zeile 69. Diese Zeile enthält unter der Bezeichnung $\frac{1}{2}(\sigma_2 - \sigma_1)$ die Werthe $\sigma_m - \sigma_1$ und $\sigma_2 - \sigma_m$; die einzelnen Grössen σ sind in Zeile 38 gegeben.

Zu Zeile 72. Man erhält $\sin^2 \frac{1}{2}(Q_1 - 90°)$ bezw. $\sin^2 \frac{1}{2}(Q_2 + 90°)$ aus Tafel 11 mit den Argumenten Q_1 bezw. Q_2. Der Eingang für Q_1 ist auf der linken, derjenige für Q_2 auf der rechten Seite der Tafel.

Zu Zeile 73. $z_1 = (\sigma_2 - \sigma_1) \sin^2 \frac{1}{2}(Q_1 - 90°)$
$z_2 = -(\sigma_2 - \sigma_1) \sin^2 \frac{1}{2}(Q_2 + 90°)$
Der numerische Werth z_1 hat stets das positive, z_2 stets das negative Vorzeichen.

Zu Zeile 76. Hier ist der Werth $\sigma + z$ in Stunden, Minuten und Sekunden einzutragen. Zur Verwandlung dient die Tafel 12.

Zu Zeile 77. $Z = T_o + \sigma + z$.
Die beiden Werthe Z sind die mittleren Greenwicher Zeiten der äusseren Kontakte.

Zu Zeile 78. $\Sigma R = R' - R_\odot$
R' ist aus der mittleren Kolumne der Zeile 16 zu entnehmen.

Zu Zeile 80. $\Sigma \rho = \frac{\Sigma R}{\Pi}$; Π s. mittl. Kol. der Zeile 23.

Zu Zeile 81. $\xi = \frac{\Sigma \rho}{p'_1}$; p'_1 s. mittl. Kol. der Zeile 25.

Zu Zeile 82. ε kann als Mittelwerth aus Zeile 27 entnommen werden. Es ist hier aber ε in Einheiten der dritten Dezimalstelle anzusetzen; also um eine Stelle kürzen!

Zu Zeile 83. $\log x = \log \xi + \varepsilon$.

Zu Zeile 84. Der Numerus des in der Zeile 83 enthaltenen Logarithmus ist mit negativem Vorzeichen versehen in die erste Kolumne und mit positivem Vorzeichen versehen in die dritte Kolumne einzutragen.

Zu Zeile 85. $M = \mu . x$.

Zu Zeile 86. M_1 hat stets das negative, M_2 stets das positive Vorzeichen.

Zu Zeile 88. $S = \vartheta_o - A_o + M - \Delta Ay$,
wo ΔAy aus der mittleren Kolumne von Zeile 33 zu entnehmen ist.

Zu Zeile 90. y ist mit den Argumenten $\log \frac{p'}{r \cos \varphi'}$ (s. mittl. Kol. der Zeile 36) und $S + \lambda$ aus Tafel 5 zu entnehmen.

Zu Zeile 91. $\sigma = x + y$.

Digitized by Google

Zu Zeile 93. $DT = \frac{(9.438)}{\Sigma\rho} \cdot \frac{\delta'-D'}{\Pi}$

$\frac{\delta'-D'}{\Pi}$ ist aus der mittleren Kolumne der Zeile 64 zu entnehmen.

Zu Zeile 95. Der Werth der Zeile 94 ist im Diagramm auf der durch den Mondmittelpunkt gehenden Geraden abzutragen. Durch den Endpunkt ist eine Parallele zu der Geraden (*I*) (*II*) (s. Bemerkung zu Zeile 68) zu führen. Die für den Mondmittelpunkt gültigen Positionswinkel ergeben sich nun durch Ablesung an der Gradtheilung des Kreises.

Zu Zeile 98. Siehe Tafel 11 und Bem. zu Zeile 72.

Zu Zeile 99. Siehe Bem. zu Zeile 73.

Zu Zeile 102. Siehe Bem. zu Zeile 76.

Zu Zeile 103. $Z = T_0+\sigma+z$.

Die beiden Werthe Z sind die mittleren Greenwicher Zeiten der inneren Kontaktmomente.

Beispiel 2. Es soll die Vorausberechnung der Sonnenfinsterniss von 1896 Aug. 8 für denjenigen Ort ausgeführt werden, welchen die unter Prof. Dr. Backlund's Leitung nach Nowaja Zemlja entsandte Expedition*) als Beobachtungsstation gewählt hatte. Die geographischen Koordinaten dieses Ortes waren

$$\lambda = 3^h\,30^m\,50^s.3 = 52°\,42'\,34''.5 \text{ östlich von Greenwich,}$$
$$\varphi = +72°\,22'\,29''.5.$$

Daraus ergiebt sich

$$\log r\sin\varphi' = \log\sin\varphi - s = 9.979\,12 - 0.001\,59 = 9.977\,53$$
$$\log r\cos\varphi' = \log\cos\varphi + c = 9.481\,14 + 0.001\,31 = 9.482\,45$$
$$tg\,\varphi' = 0.495\,08$$

Es soll in diesem Falle die Vorausberechnung, ohne zu einer zweiten Näherung überzugehen, ausgeführt werden; es sind mithin als Hülfsgrössen die unter der Bezeichnung „Erste Näherung" auf Seite 11 gegebenen Werthe zu verwenden. — Diese Methode wird, wie oben bereits erwähnt, nach des Verfassers Ansicht für die Praxis stets ausreichen.

Aeussere Momente.

1.	$\frac{p'_1}{r\cos\varphi'}$		0.2329	
2.	$S+\lambda$	285° 35′	300° 45′	315° 54′
3.	y	− 0h.580	− 0h.540	− 0h.455
4.	σ	− 1h.625	− 0h.540	+ 0h.590
5.	y_s	− 8° 43′	− 8° 7′	− 6° 51′
6.	$S+\lambda+y_s$	276° 52′	292° 38′	309° 3′
7.	$\cos(S+\lambda+y_s)$	9.077	9.585	9.799
8.	$tg\,g$	1.418	0.910	0.696
9.	g	87° 49′	82° 59′	78° 37′
10.	δ_0-g	288° 40′	293° 30′	297° 52′
11.	$\sin g$	0.000	9.997	9.991
12.	$\frac{r\sin\varphi'}{\sin g}$	9.978	9.981	9.987
13.	$\sin(\delta_0-g)$	9.977 *n*	9.962 *n*	9.947 *n*
14.	1tes Glied	9.955 *n*	9.943 *n*	9.934 *n*
15.	f	+ 5	+ 6	+ 7
16.	fq'_1	− 1	− 1	− 2
17.	q	− 0.224	− 0.224	− 0.225
18.	1tes Glied	− 0.902	− 0.877	− 0.860
19.	h	− 5	− 6	− 7
20.	k	0	0	0
21.		− 0.907	− 0.883	− 0.867
22.	$q\sigma$	+ 0.364	+ 0.121	− 0.133
23.		− 0.543	− 0.762	− 1.000
24.	$\frac{\delta'-D'}{\Pi}$	+ 0.214	− 0.005	− 0.243
25.		9.330	7.699 *n*	9.386 *n*

26.	DT	9.034	7.403 *n*	9.090 *n*
27.		+ 0.108	− 0.003	− 0.123
28.	Q	111°8		293°9
29.	$\frac{1}{2}(\sigma_2-\sigma_1)$	1h.085		1h.130
30.	$\sigma_2-\sigma_1$	2h.170		2h.260
31.		0.336		0 354
32.	$\sin^2\frac{1}{2}(Q\mp90°)$	8.553		8.632
33.	z	8.889		8.986 *n*
34.		+ 0h.077		− 0h.097
35.	$\sigma+z$	− 1h.548		+ 0h.493
36.		− 1h 32m 53s		+0h 29m 35s
37.	Z	15h 4m 30s		17h 6m 58s

Innere Momente.

38.	$S+\lambda$	300° 29′		301° 0′
39.	y	− 0h.541		− 0h.539
40.	σ	− 0h.559		− 0h.521
41.	DT		9.164 *n*	
42.			− 0.146	
43.	Q	83°5		322°0
44.	$\sigma_2-\sigma_1$		0h.038	
45.			8.580	
46.	$\sin^2\frac{1}{2}(Q\mp90°)$	+ 0.004		9.284
47.	z			7.864 *n*
48.		0h.000		− 0h.007
49.	$\sigma+z$	− 0h.559		− 0h.528
50.		−0h 33m 32s		−0h 31m 41s
51.	Z	16h 3m 51s		16h 5m 42s

*) Vergl. A. N., Band 143, Seite 17.

Digitized by Google

Formeln und Bemerkungen.

Es werden im folgenden nur kurz die bei der Rechnung zu benutzenden Formeln und Tafeln angegeben werden. Sollten weitere Erläuterungen nöthig erscheinen, so möge auf die ausführlichen Bemerkungen am Schlusse des vorigen Beispiels verwiesen werden.

Zu Zeile 3. y ist aus Tafel 5 zu entnehmen.

Zu Zeile 4. $\sigma = x+y$; x_1 ist stets negativ, x_2 ist stets positiv, x_m ist Null.

Zu Zeile 5. y_S ist aus Tafel 6 zu entnehmen.

Zu Zeile 8. $tg\, g = \frac{tg\, \varphi'}{cos\,(S+\lambda+y_S)}$

Zu Zeile 9. Ueber die Wahl des Quadranten von g siehe Bem. zu Zeile 9 im vorigen Beispiel.

Zu Zeile 14. (1tes Glied) $= \frac{r\, sin\, \varphi'}{sin\, g}\, sin\,(\delta_s - g)$

Zu Zeile 15. f ist aus Tafel 7 zu entnehmen.

Zu Zeile 17. $q = q'_1 + f q'_1$

Zu Zeile 19. h ist aus Tafel 8 zu entnehmen.

Zu Zeile 20. k ist aus Tafel 9 zu entnehmen.

Zu Zeile 21. (21) = (18) + (19) + (20).

Zu Zeile 23. (23) = (21) + (22).

Zu Zeile 24. $\frac{\delta' - D'}{\Pi} = (23) + q$,

Zu Zeile 26. $DT = \frac{(9.4384)}{\Sigma\, \rho} \cdot \frac{\delta' - D'}{\Pi}$

Zu Zeile 28. Siehe Bem. zu Zeile 68 im vorigen Beispiel. — Die auf den Sonnenmittelpunkt bezogenen Positionswinkel sind von den Winkeln Q um 180° verschieden!

Zu Zeile 29. Unter $\frac{1}{2}(\sigma_2 - \sigma_1)$ sind in diesem Falle die Beträge $\sigma_m - \sigma_1$ und $\sigma_2 - \sigma_m$ zu verstehen.

Zu Zeile 32. $sin^2 \frac{1}{2}(Q \mp 90°)$ ist aus Tafel 11 zu entnehmen.

Zu Zeile 33. $z_1 = (\sigma_2 - \sigma_1)\, sin^2 \frac{1}{2}(Q_1 - 90°)$
$z_2 = -(\sigma_2 - \sigma_1)\, sin^2 \frac{1}{2}(Q_2 + 90°)$
z_1 ist stets positiv; z_2 ist stets negativ.

Zu Zeile 36. Siehe Tafel 12.

Zu Zeile 37. $Z = T_0 + \sigma + z$; die Werthe dieser Zeile sind die mittl. Greenw. Zeiten der äusseren Kontakte.

Zu Zeile 39. y ist aus Tafel 5 zu entnehmen.

Zu Zeile 40. $\sigma = x+y$; x_1 ist stets negativ, x_2 ist stets positiv.

Zu Zeile 41. $DT = \frac{(9.438)}{\Sigma\, \rho} \cdot \frac{\delta' - D'}{\Pi}$

$\frac{\delta' - D'}{\Pi}$ ist aus der mittleren Kolumne der Zeile 25 zu entnehmen.

Zu Zeile 43. Siehe Bem. zu Zeile 95 im vorigen Beispiel.

Zu Zeile 46. $sin^2 \frac{1}{2}(Q \mp 90°)$ ist aus Tafel 11 zu entnehmen.

Zu Zeile 47. $z_1 = (\sigma_2 - \sigma_1)\, sin^2 \frac{1}{2}(Q - 90°)$; z_1 ist stets positiv.
$z_2 = -(\sigma_2 - \sigma_1)\, sin^2 \frac{1}{2}(Q + 90°)$; z_2 ist stets negativ.

Zu Zeile 50. Siehe Tafel 12.

Zu Zeile 51. $Z = T_0 + \sigma + z$; die Werthe dieser Zeile sind die mittl. Greenw. Zeiten der inneren Kontakte.

Beispiel 3. Es ist die Vorausberechnung der Sonnenfinsterniss von 1896 Aug. 8 für die Leipziger Sternwarte auszuführen.

$$\lambda = 0^h 49^m 34^s.0 = 12° 23' 30''.0 \text{ östlich von Greenwich,}$$
$$\varphi = +51° 20' 6''.3$$

$$log\, r\, sin\, \varphi' = 9.892\,55 - 0.002\,03 = 9.890\,52$$
$$log\, r\, cos\, \varphi' = 9.795\,71 + 0.000\,88 = 9.796\,59$$
$$tg\, \varphi' = 0.093\,93$$

Aus der im „Nautical Almanac“ gegebenen Grenzkurvenkarte erkennt man, dass Leipzig ausserhalb der Zone der totalen Verfinsterung liegt und dass der erste äussere Kontakt für diesen Ort vor Sonnenaufgang stattfindet. Es ist also nur die Zeit der zweiten Ränderberührung zu ermitteln, und wir können deshalb bei der Vorausberechnung die erste Kolumne des früheren Rechnungsschemas, also die Rechnung für den

Digitized by Google

östlichsten Randpunkt des vergrösserten Mondes, fortlassen. — Es wird nicht nöthig sein, der folgenden Rechnung, welche vollständig nach dem Schema des zweiten Beispiels ausgeführt ist, weitere Erläuterungen beizufügen.

1.	$\frac{p'_1}{r\cos\varphi'}$	9.9187		13.	$\sin(\delta_0-g)$	9.999 *n*	9.997 *n*	26.	DT	8.957	7.306
				14.	1tes Glied	9.915 *n*	9.894 *n*	27.		+ 0.091	+ 0.002
2.	$S+\lambda$	260° 25′	275° 34′	15.	f	− 1	+ 1	28.	Q		269°6
3.	y	− 1ʰ.085	− 1ʰ.178	16.	fq'_1	0	0	29.	$\frac{1}{2}(\sigma_2-\sigma_1)$		0ʰ.952
4.	σ	− 1ʰ.085	− 0ʰ.133	17.	q	− 0.223	− 0.223	30.	$\sigma_2-\sigma_1$		1ʰ.904
5.	y_s	− 16° 19′	− 17° 43′	18.	1tes Glied	− 0.822	− 0.783	31.			0.280
6.	$S+\lambda+y_s$	244° 6′	257° 51′	19.	h	+ 1	− 1	32.	$\sin^2\frac{1}{2}(Q\mp 90°)$		− ∞
7.	$\cos(S+\lambda+y_s)$	9.640 *n*	9.323 *n*	20.	k	+ 1	+ 1	33.	z		− ∞
8.	$tg\,g$	0.454 *n*	0.771 *n*	21.		− 0.820	− 0.783	34.			0ʰ.000
9.	g	109° 22′	99° 37′	22.	$q\sigma$	+ 0.242	+ 0.030	35.	$\sigma+z$		−0ʰ.133
10.	δ_0-g	267° 6′	276° 52′	23.		− 0.578	− 0.753	36.			−0ʰ 7ᵐ59ˢ
11.	$\sin g$	9.975	9.994	24.	$\frac{\delta'-D'}{\Pi}$	+ 0.179	+ 0.004	37.	Z		16ʰ29ᵐ24ˢ
12.	$\frac{r\sin\varphi'}{\sin g}$	9.916	9.897	25.		9.253	7.602				

Abschnitt 2.

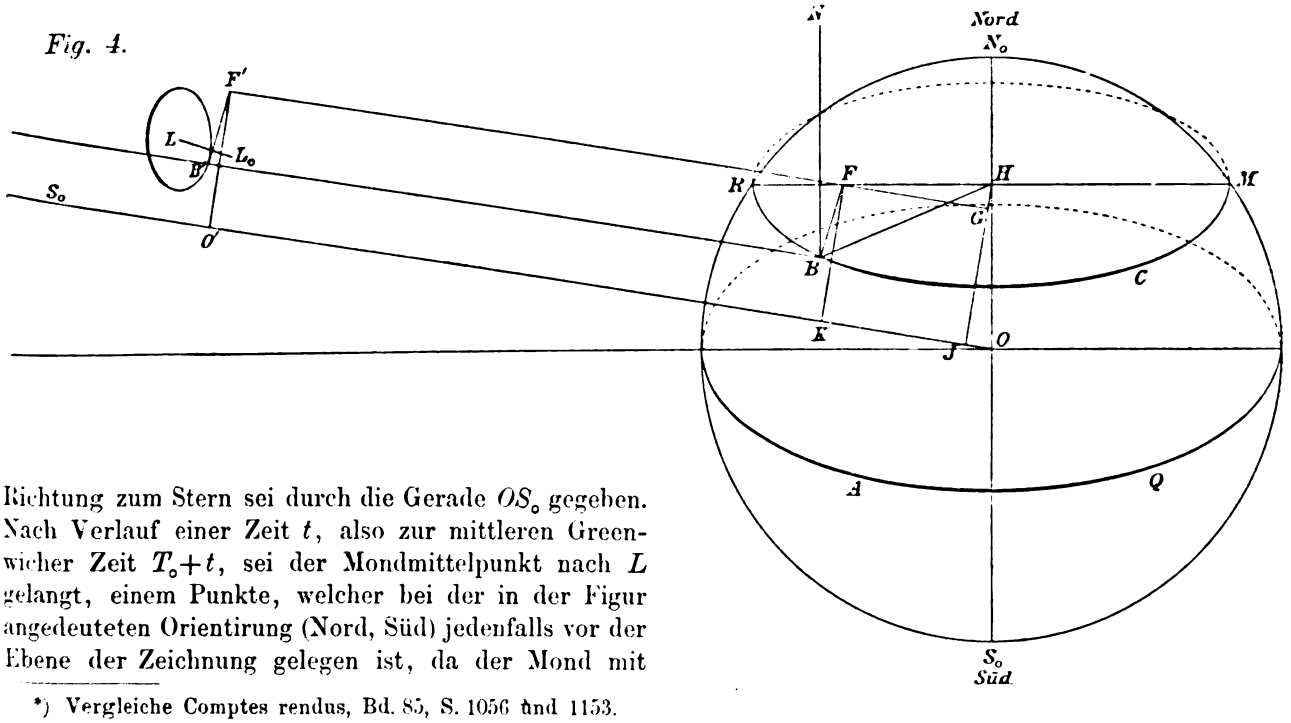
Längenbestimmung aus der Beobachtung einer Sonnenfinsterniss.

§ 11. Ableitung der Formeln.

Es möge zunächst eine kurze geometrische Ableitung*) der Bessel'schen Formeln für die Fixsternbedeckungen vorangeschickt werden, weil sich bei dieser Betrachtungsweise die Erweiterung des Problems auf die Sonnenfinsternisse am einfachsten anschliessen lässt.

In nachstehender Figur (Fig. 4) stelle die Ebene des Papiers die Ebene desjenigen Deklinationskreises vor, in welcher die wahre Konjunktion (in Rektascension) des Mondes und des Sterns zur mittleren Greenwicher Zeit T_0 stattfindet; der Mittelpunkt des Mondes befinde sich in diesem Augenblicke in L_0 und die

Fig. 4.



Richtung zum Stern sei durch die Gerade OS_0 gegeben. Nach Verlauf einer Zeit t, also zur mittleren Greenwicher Zeit T_0+t, sei der Mondmittelpunkt nach L gelangt, einem Punkte, welcher bei der in der Figur angedeuteten Orientirung (Nord, Süd) jedenfalls vor der Ebene der Zeichnung gelegen ist, da der Mond mit

*) Vergleiche Comptes rendus, Bd. 85, S. 1056 und 1153.

Digitized by Google

wachsender Zeit bekanntlich zu grösseren Rektascensionen übergeht. Auch möge gleich hinzugefügt werden, dass wir unter t einen nicht sehr bedeutenden Zeitraum, also höchstens 2 Stunden, verstehen wollen. Wenn wir uns nun durch L_0 eine Ebene gelegt denken, welche senkrecht zu OS_0 steht, so dürfen wir, ohne einen erheblichen Fehler zu begehen, annehmen, dass die Bahn des Mondmittelpunktes während der kurzen Zeit t eine in dieser Ebene liegende Gerade sei. Die in der Figur gezeichnete kleine Ellipse, welche den Punkt L (als Mittelpunkt) einschliesst, stelle in perspektivischer Ansicht denjenigen grössten Kreis dar, in welchem die soeben definirte Ebene die Mondkugel schneidet. Wenn wir ferner durch einen Punkt B' dieses Kreises zu OS_0 eine Parallele führen, welche die Oberfläche der Erde in einem Punkte B treffen möge, so ist klar, dass ein in B befindlicher Beobachter zur Zeit T_0+t den Eintritt des Sterns in den Mondrand, bezw. den Austritt aus demselben erblicken würde. — Die perspektivisch gezeichneten Kreise BC und AQ sollen den Breitenparallel des Beobachtungsortes sowie den Erdäquator darstellen; der Durchschnitt der Ebene des ersteren mit der Ebene der Zeichnung sei die Gerade RM, welche die Erdaxe im Punkte H schneiden möge. — Die durch die Richtung (BN) zum Himmelspol und durch die Richtung (BB') zum Stern bestimmte Ebene des Deklinationskreises des Sterns wird wegen der unendlich grossen Entfernung des letzteren parallel der Bildebene sein. Folglich wird die durch die Geraden BN und BH bestimmte Meridianebene des Beobachtungsortes die beiden vorhin genannten Ebenen unter gleichen Winkeln schneiden. Berücksichtigt man nun einerseits, dass der Winkel zwischen der Meridianebene und der Ebene des Stundenkreises der Stundenwinkel des Sterns, also $\theta - A_0$, ist, und dass andererseits der Winkel zwischen der Meridianebene und der Ebene der Zeichnung durch den Richtungsunterschied der zur Durchschnittslinie N_0S_0 senkrechten Geraden BH und HR gemessen wird, so erkennt man, dass

$$\angle\, BHR = \theta - A_0$$

ist. — Nachdem man nun noch in den Punkten B und B' Lothe zur Ebene der Zeichnung errichtet und innerhalb der letzteren FK und HJ senkrecht zu OS_0, sowie FG senkrecht zu HJ geführt hat, folgt nach einander:

$$\begin{aligned} BH &= r\cos\varphi' \\ BF &= u = r\cos\varphi'\sin(\theta - A_0) \qquad \ldots\ldots (106) \\ FH &= r\cos\varphi'\cos(\theta - A_0) \\ HG &= r\cos\varphi'\sin D_0\cos(\theta - A_0) \\ HO &= r\sin\varphi' \\ HJ &= r\sin\varphi'\cos D_0 \\ FK &= v = GJ = HJ - HG = r\sin\varphi'\cos D_0 - r\cos\varphi'\sin D_0\cos(\theta - A_0) \qquad \ldots\ldots (107) \end{aligned}$$

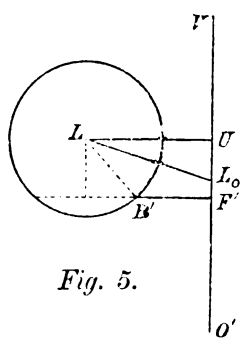


Fig. 5.

Wir wenden uns jetzt zu den Grössen, welche sich in der vorhin definirten, durch L_0 gelegten Ebene befinden. In Fig. 5 sind diese Grössen dargestellt, es ist VO' die Durchschnittslinie mit der früheren Ebene der Zeichnung, L_0 der Ort des Mondmittelpunktes zur Zeit T_0, und L derselbe Ort zur Zeit T_0+t; die Gerade L_0L bezeichnet also den Weg des Mondmittelpunktes innerhalb des Zeitraums t. Ferner sind O' und B' die Punkte, in welchen die Geraden OS_0 und BB' (Fig. 4) die Ebene schneiden. Nachdem nun noch LU und $B'F'$ senkrecht zu VO' geführt worden sind, erkennt man unter Berücksichtigung von Fig. 4

$$B'F' = BF = u$$
$$F'O' = FK = v$$

und

$$LU = \frac{\Delta\alpha\cos\delta_0}{P}t = p't \qquad \ldots\ldots (108)$$

$$L_0U = \frac{\Delta\delta}{P}t = q't \qquad \ldots\ldots (109)$$

$$O'L_0 = \frac{\delta_0 - D_0}{P} = q_0 \qquad \ldots\ldots (110)$$

Daher erhält man für den Radius des Mondes, welchen wir einstweilen mit k bezeichnen wollen, die Gleichung

$$k^2 = (p't-u)^2 + (q't+q_0-v)^2 \qquad \ldots\ldots (111)$$

Digitized by Google

oder nach den Substitutionen

$$m \sin M = -u \quad \ldots\ldots (112)$$

$$m \cos M = q_0 - v \quad \ldots\ldots (113)$$

$$n \sin N = p' \quad \ldots\ldots (114)$$

$$n \cos N = q' \quad \ldots\ldots (115)$$

$$k^2 = (m \sin M + n \sin Nt)^2 + (m \cos M + n \cos Nt)^2$$

$$= m^2 + n^2 t^2 + 2mn \cos (M-N)t \quad \ldots\ldots (116)$$

Wenn wir umgekehrt die Zeit berechnen wollen, um welche Eintritt und Austritt später als die Zeit der wahren Konjunktion in Rektascension stattfinden, haben wir letztere Gleichung nach t aufzulösen. Es ergiebt sich also:

$$t^2 + 2\frac{m}{n}\cos(M-N)t - \frac{k^2-m^2}{n^2} = 0$$

$$t = -\frac{m}{n}\cos(M-N) \pm \sqrt{\frac{m^2}{n^2}\cos^2(M-N) + \frac{k^2}{n^2} - \frac{m^2}{n^2}}$$

$$= -\frac{m}{n}\cos(M-N) \pm \sqrt{\frac{k^2}{n^2} - \frac{m^2}{n^2}\sin^2(M-N)}$$

$$= -\frac{m}{n}\cos(M-N) \pm \frac{k}{n}\sqrt{1 - \frac{m^2}{k^2}\sin^2(M-N)} \quad \ldots\ldots (117)$$

Nach Einführung der Bessel'schen Substitutionen

$$\cos\psi = \frac{m}{k}\sin(M-N) \quad \ldots\ldots (118)$$

$$\tau = \frac{m}{n}\cos(M-N) \quad \ldots\ldots (119)$$

$$\Delta T = \frac{k}{n}\sin\psi \quad \ldots\ldots (120)$$

erhält man

$$t = -\tau \pm \Delta T \quad \ldots\ldots (121)$$

und es ist also die mittlere Greenwicher Zeit

des Eintritts $T_0 - \tau - \Delta T$ ..... (122)

und des Austritts $T_0 - \tau + \Delta T$ ..... (123)

Wir wollen jetzt das Problem erweitern, indem wir annehmen, dass der zur Bedeckung gelangende Stern nicht ein Fixstern sei, sondern dass derselbe eine geringe eigene Bewegung in beiden Koordinaten (ΔA und ΔD) besitze. Die Zeichnung, welche unter dieser Annahme in der oben definirten Projektionsebene entsteht, sei durch die nebenstehende Figur dargestellt, und zwar möge B'' denjenigen Punkt des Mondrandes bezeichnen, wo der Stern nach der Bedeckung zur Zeit $T_0 + t$ wiedererscheint. Ferner sei B' der Punkt, in welchem eine durch den Beobachtungsort B und parallel zu OS_0 (Fig. 4) geführte Gerade die Projektionsebene schneidet. Nachdem nun noch die Geraden $B'W$ parallel zu VO' und $B''W$ senkrecht zu letzterer gezogen sind, erkennt man, dass man auf Grund der obigen Annahmen vom Beobachtungsort B aus die Strecken $B''W$ und $B'W$ unter den Winkeln $\Delta A \cos D_0 t$ und $\Delta D t$ erblicken wird. Es ist demnach

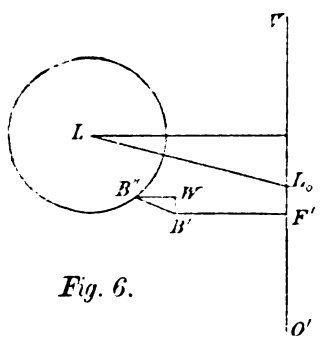


Fig. 6.

$$B''W = \frac{\Delta A \cos D_0}{P} t$$

und

$$B'W = \frac{\Delta D}{P} t$$

Wir haben somit bei der oben angegebenen Erweiterung des Problems in die Gleichung (111) folgende Aenderungen einzuführen; wir haben zu setzen:

$$u + \frac{\Delta A \cos D_0}{P} t \quad \text{an Stelle von } u$$

und $$v + \frac{\Delta D}{P} t \quad \text{» » » } v.$$

Digitized by Google

Jene Gleichung lautet demnach für unseren Fall:

$$k^2 = \left(\frac{\Delta\alpha \cos\delta_0 - \Delta A \cos D_0}{P} t - u\right)^2 + \left(\frac{\Delta\delta - \Delta D}{P} t + q_0 - v\right)^2 \quad \ldots\ldots (124)$$

Im ersten Gliede der rechten Seite werden wir, ohne einen erheblichen Fehler zu begehen, $\cos D_0$ durch $\cos\delta_0$ ersetzen können; nach den Substitutionen

$$p'_2 = \frac{(\Delta\alpha - \Delta A)\cos\delta_0}{P} \quad \ldots\ldots (125)$$

und

$$q'_2 = \frac{\Delta\delta - \Delta D}{P} \quad \ldots\ldots (126)$$

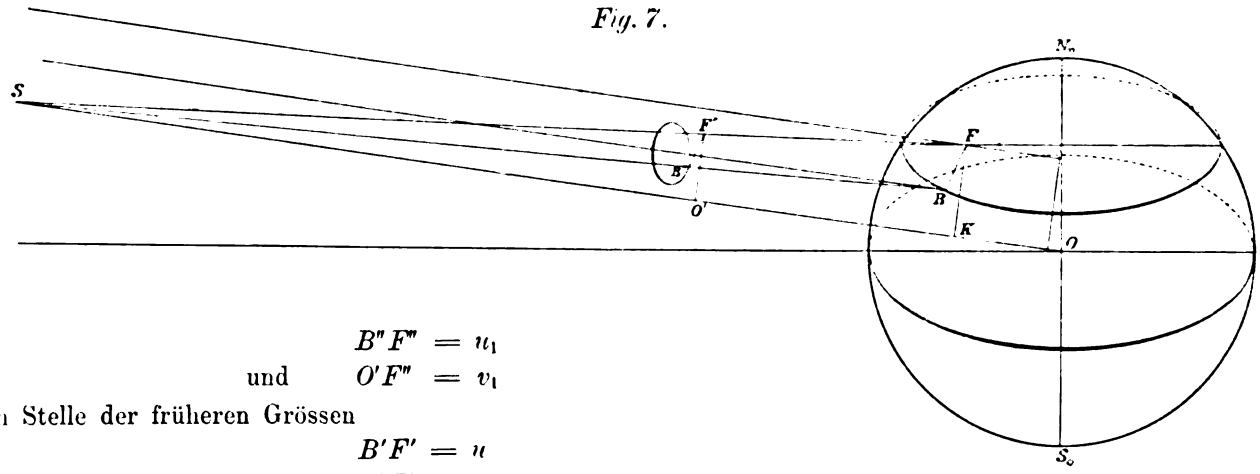
wird also

$$k^2 = (p'_2 t - u)^2 + (q'_2 t + q_0 - v)^2 \quad \ldots\ldots (127)$$

In Worten: Wenn der zur Bedeckung gelangende Stern eine geringe eigene Bewegung besitzt, so ist in die Definitionsgleichungen von p' und q' an Stelle der Mondbewegung die Differenz der stündlichen Bewegungen beider Himmelskörper einzuführen; im übrigen bleibt die Rechnung ungeändert.

Wir wollen zweitens das Problem der Fixsternbedeckung in einer anderen Weise erweitern, indem wir nämlich annehmen, dass die Entfernung des Sterns von der Erde im Verhältniss zur Mondentfernung zwar sehr beträchtlich, immerhin aber nicht unendlich gross sei. In der nachstehenden Fig. 7 möge S den Stern und B den Beobachtungsort bezeichnen. Denkt man sich wieder durch den Punkt L_0 eine Ebene gelegt, welche senkrecht zu SO steht, so würde man für den vorliegenden Fall ähnliche Betrachtungen wie oben ausführen können, nur würden die Strecken

Fig. 7.



$$B''F''' = u_1$$

und

$$O'F''' = v_1$$

an Stelle der früheren Grössen

$$B'F' = u$$

und

$$O'F' = v$$

treten. — Es möge ferner die Parallaxe des Sterns mit π bezeichnet werden, d. h. wir nehmen an, dass man den Erdradius vom Stern aus gesehen unter dem Winkel π erblickt. Nun sind, wie man leicht aus den früheren Formeln erkennt, die Strecken u und v in Einheiten des Erdradius gegeben; folglich wird man dieselben, wenn man von Grössen zweiter Ordnung absieht, vom Stern aus unter den Winkeln $u\pi$ und $v\pi$ erblicken, oder

$$\angle FSB = u\pi$$

$$\angle FSK = v\pi$$

Da die Entfernung zwischen dem Stern und dem Mond $\frac{1}{\sin\pi} - \frac{1}{\sin P}$ ist, so folgt

$$u_1 = \left(\frac{1}{\sin\pi} - \frac{1}{\sin P}\right)\sin u\pi = u - u\frac{\pi}{P} = u\frac{P-\pi}{P}$$

$$v_1 = \left(\frac{1}{\sin\pi} - \frac{1}{\sin P}\right)\sin v\pi = v - v\frac{\pi}{P} = v\frac{P-\pi}{P}$$

Führt man die Substitution ein

$$\omega = \log P - \log(P-\pi) \quad \ldots\ldots (128)$$

so wird

$$\log u_1 = \log u - \omega \quad \ldots\ldots (129)$$

$$\log v_1 = \log v - \omega \quad \ldots\ldots (130)$$

Digitized by Google

Aus Tafel 20 erhält man mit den Argumenten π (horizontal) und P (vertikal) den Werth von ω in Einheiten der 5ten Dezimalstelle. — Man wird also im vorliegenden Falle die Rechnung genau ebenso wie bei einer Fixsternbedeckung auszuführen haben, nur sind die numerischen Werthe von $\log u$ und $\log v$ um den kleinen Betrag ω, welcher nur von den Parallaxen abhängt und deshalb als Konstante der Bedeckung gegeben werden kann, zu vermindern.

Es ist drittens, um von der Sternbedeckung zur Sonnenfinsterniss zu gelangen, das Problem dahin zu erweitern, dass wir annehmen, der zur Bedeckung gelangende Stern sei nicht ein mathematischer Punkt, sondern ein Kreis mit dem Radius $R_\odot$. In diesem Falle wird uns eine Ueberlegung, welche der bei der Vorausberechnung bereits ausgeführten analog ist, zum Ziele führen. — Wir müssen uns wiederum, um zunächst die Zeiten der äusseren Berührung zu ermitteln, die beiden Himmelskörper Mond M_1 und Sonne S_1 ersetzt denken durch einen Mond M_2, dessen scheinbarer Radius $R'+R_\odot$ ist, und durch einen Stern S_2. Beiden fingirten Körpern geben wir die gleichen Koordinaten, stündlichen Bewegungen und Parallaxen, welche den wirklichen Körpern M_1 und S_1 zukommen. Es werden dann die äusseren Berührungen der wirklichen Körper in den gleichen Zeitpunkten stattfinden, in welchen der Stern S_2 in den Rand des vergrösserten Mondes eintritt und denselben verlässt. Wir haben demnach den Werth k im Verhältniss des scheinbaren Radius des fingirten Mondes zum scheinbaren Radius des wirklichen Mondes zu vergrössern. Bezeichnet man den Radius des Mondes in Erdradien ausgedrückt wie bei der Vorausberechnung mit ϱ, also

$$\varrho = 0.272518,$$

so ist für k der Werth einzuführen:

$$k = \frac{R'+R_\odot}{R'}\,\varrho$$

Die Vorausberechnung giebt uns mit vollständig ausreichender Genauigkeit die Werthe von R' für die Zeiten, in welchen der fingirte Stern die Stundenkreise des östlichsten und westlichsten Randpunktes des vergrösserten Mondes sowie den Stundenkreis des Mondmittelpunktes passirt. Wir können demnach für diese Zeiten den Betrag von $\log k$ mit Hülfe der obigen Gleichung berechnen und ausserdem mit genügender Genauigkeit annehmen, dass sich in der Zwischenzeit dieser Werth der Zeit proportional verändert. Die Ermittelung von $\log k$ für die Momente der äusseren Berührung ist nun bei Benutzung des Diagramms für die Vorausberechnung äusserst bequem. Setzt man nämlich die letzten Dezimalen des Werthes von $\log k$ irgendwo an den Diagrammskalen ab, verbindet diese Punkte (K_1, K_m und K_2) durch Gerade und führt durch die Schnittpunkte des Sternweges mit dem Mondrande Parallelen zu den Seitenskalen, so kann man mit Hülfe des Zirkels in höchst einfacher Weise die letzten Dezimalen von $\log k$ für die Momente der äusseren Berührung durch direkte Messung ermitteln.

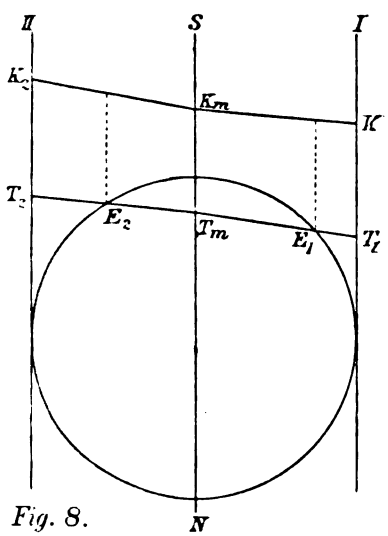


Fig. 8.

Es bedarf, im Hinblick auf die Auseinandersetzungen bei der Vorausberechnung, wohl nur der Erwähnung, dass man analoge Betrachtungen auch bezüglich der inneren Kontaktmomente ausführen kann. Man hat also k in diesem Falle zu ersetzen durch

$$k = \frac{R'-R_\odot}{R'}\,\varrho$$

Wegen der kurzen Dauer einer ringförmigen oder totalen Sonnenfinsterniss wird man aber unbedenklich für beide inneren Kontaktmomente den mittleren der drei Werthe von R' verwenden können, welchen die Vorausberechnung für die äusseren Momente unmittelbar geliefert hat.

Ist keine Vorausberechnung der Finsterniss ausgeführt worden, so kann man in der folgenden Weise zu einem genügend genauen Werth von R' und mithin von k gelangen. Wir erhielten oben nach Formel (74) R' durch die Gleichung

$$R' = R + c_1 + c_2,$$

wo c_1 und c_2 mit den Argumenten $\log \frac{r \sin \varphi'}{\sin g}$ und $\delta_0 - g$ bezw. c_1 und R aus den Tafeln 16 und 17 zu entnehmen waren. Der in den erstgenannten Argumenten vorkommende Werth g wurde nach den Formeln (38) und (39) aus der Gleichung abgeleitet:

$$tg\, g = \frac{tg\, \varphi'}{\cos(\theta - \alpha')}$$

Digitized by Google

Man kann nun unbedenklich in letzterer Formel A_0 an Stelle von α' setzen. Da der Winkel g nur zur Berechnung der Argumente dienen soll, mit welchen man zur Entnahme des kleinen Winkels c_1 in die Tafel 16 eingeht, so ist der aus der obigen Vertauschung hervorgehende Fehler äusserst gering. Es möge noch daran erinnert werden, dass man im Verlauf der Rechnung ohnehin den Werth $cos\,(\theta - A_0)$ erhält. Zur Ermittelung der Argumente für Tafel 16 genügt eine dreistellige Rechnung.

Wenn wir nunmehr die bisherigen Betrachtungen zusammenfassen, so wird sich der Gang der Rechnung bei der Längenbestimmung aus der Beobachtung einer Sonnenfinsterniss in folgender Weise gestalten. Erstens: Es sind, wenn eine Vorausberechnung ausgeführt worden ist, aus derselben die 3 Werthe von R' zu entnehmen, welche den Durchgangszeiten des Sonnenmittelpunktes durch die Stundenkreise des östlichsten und westlichsten Randpunktes sowie des Mittelpunktes des vergrösserten Mondes entsprechen. Für diese Zeiten sind die Werthe von $log\,k$ mit Hülfe der Gleichung

$$k = \frac{R' + R_\odot}{R'}\,\varrho$$

zu berechnen. Hieraus sind mit Benutzung des Diagramms die Werthe von $log\,k$, welche den Momenten der äusseren Berührung entsprechen, in der oben beschriebenen Weise graphisch zu ermitteln. Für die Momente der inneren Berührung hat man $log\,k$ aus der Gleichung

$$k = \frac{R' - R_\odot}{R'}\,\varrho$$

abzuleiten, wo R' der mittlere jener aus der Vorausberechnung der äusseren Momente zu entnehmenden drei Werthe ist. — Für den Fall, dass eine Vorausberechnung nicht vorliegt, wird weiter unten die Vorschrift zur Berechnung von $log\,k$ eingefügt werden. — Zweitens: Es ist für jeden Beobachtungsmoment zu berechnen

$$u = r\,cos\,\varphi'\,sin\,(\theta - A_0)$$
$$v = r\,sin\,\varphi'\,cos\,D_0 - r\,cos\,\varphi'\,sin\,D_0\,cos\,(\theta - A_0)$$

wo $log\,r\,sin\,\varphi'$ und $log\,r\,cos\,\varphi'$ in bekannter Weise aus der Breite des Beobachtungsortes und unter Benutzung der auf Seite XXII des Berliner Nautischen Jahrbuches gegebenen Tafel gewonnen werden. — Drittens: Die numerischen Werthe von $log\,u$ und $log\,v$ sind um den Betrag ω, welcher unter den Hülfsgrössen der Finsterniss gegeben ist, zu vermindern, also

$$log\,u_1 = log\,u - \omega$$
$$log\,v_1 = log\,v - \omega$$

Viertens: Die Beobachtungszeiten sind durch Anbringung eines genäherten Werthes der Länge in mittlere Greenwicher Zeiten zu verwandeln. Für die erhaltenen Momente sind aus der für jede Finsterniss zu gebenden Tafel die Hülfsgrössen q_0, n und N sowie eventuell R zu entnehmen. — Für den Fall, dass eine Vorausberechnung nicht ausgeführt worden ist, hat man nun noch in dreistelliger Rechnung g aus der Gleichung

$$tg\,g = \frac{tg\,\varphi'}{cos\,(\theta - A_0)}$$

zu ermitteln, die Werthe $log\,\frac{r\,sin\,\varphi'}{sin\,g}$ und $\delta_0 - g$ abzuleiten und unter Benutzung der Tafeln 16 und 17

$$R' = R + c_1 + c_2$$

zu berechnen. Der Werth $log\,k$ folgt dann aus der Formel

$$k = \frac{R' \pm R_\odot}{R'}\,\varrho$$

Fünftens: Die mittleren Greenwicher Zeiten der Kontaktmomente ergeben sich in gleicher Weise wie bei der Sternbedeckungs-Berechnung mit Hülfe der Bessel'schen Formeln:

$$m\,sin\,M = -u_1$$
$$m\,cos\,M = q_0 - v_1$$
$$cos\,\psi = \frac{m}{k}\,sin\,(M - N)$$

Digitized by Google

$$\tau = \frac{m}{n} \cos(M-N)$$

$$\Delta T = \frac{k}{n} \sin \psi$$

$$Z = T_0 - \tau \mp \Delta T$$

Sechstens: Der Längenunterschied des Beobachtungsortes gegen Greenwich wird gefunden durch die Gleichung

$$\lambda = E - Z,$$

wo E die durch Beobachtung des Kontakts von Mond und Sonne erlangte mittlere Ortszeit bedeutet.

§ 12. Beispiel für die Berechnung der Hülfsgrössen.

Als Hülfsgrössen für die Längenbestimmung aus der Beobachtung einer Sonnenfinsterniss sind aus den Ephemeriden von Mond und Sonne die folgenden Werthe abzuleiten:

$$T_0 \quad A_0 \quad D_0 \quad \omega \quad G \quad n \quad N \quad q_0 \quad R.$$

Die ersten drei Grössen, nämlich T_0, A_0 und D_0, sind im „Nautical Almanac" unter den Konstanten der Finsterniss gegeben; ebenso findet man dort auf Seite II der monatlichen Ephemeriden den Werth G, d. i. die Sternzeit im mittleren Greenwicher Mittag. Die Grösse ω ist mit den Argumenten P_0 und π aus Tafel 20 zu entnehmen. — Bezüglich der Berechnung der Werthe n, N und q_0 mögen hier noch die folgenden Bemerkungen folgen. Um die verfälschende Einwirkung der früher gemachten, nicht ganz strengen Annahme, dass die Bewegung der Himmelskörper in beiden Koordinaten eine vollständig gleichförmige sei, zu beseitigen, werden wir, ebenso wie bei der Vorausberechnung, für verschiedene Epochen die stündlichen Bewegungen dadurch ermitteln, dass wir die Ortsveränderungen der Gestirne seit der Zeit der Konjunktion durch das in Stundenbruch ausgedrückte Zeitintervall dividiren. Da in die Formeln für die erwähnten Hülfsgrössen aber stets die Differenzen der stündlichen Bewegungen eintreten, so können wir zur Abkürzung der Rechnung das soeben genannte Prinzip auch unmittelbar auf diese Differenzen anwenden. Die in den Formeln für $n \sin N$, $n \cos N$ und q_0 enthaltenen Werthe P und $\cos\delta$ sind jedesmal für die Mitte des in Betracht kommenden Intervalls aus den Ephemeriden zu entnehmen.

Als Beispiel für die Berechnung der Hülfsgrössen wählen wir wiederum die Sonnenfinisterniss von 1896 August 8. Aus den auf Seite 9 gegebenen stündlichen Ephemeriden erhält man die folgenden numerischen Werthe.

T	$\log\cos\delta$	$\log[(\alpha-\alpha_0)-(A-A_0)]$	$\log[(\delta-\delta_0)-(D-D_0)]$	$T-T_0$	$\log(T-T_0)$	$\log(\Delta\alpha-\Delta A)$	$\log(\Delta\delta-\Delta D)$
15^h.0	9.980912	3.495780 n	3.106497	−1^h.623050	0.210332 n	3.285448	2.896165 n
16.0	9.981438	3.079615 n	2.692494	−0.623050	9.794523 n	3.285092	2.897971 n
17.0	9.981959	2.860937	2.475816 n	+0.376950	9.576283	3.284654	2.899533 n
18.0	9.982476	3.423229	3.040207 n	+1.376950	0.138918	3.284311	2.901289 n
19.0	9.982990	3.659954	3.279005 n	+2.376950	0.376020	3.283934	2.902985 n
20.0	9.983499	2.812077	3.433162 n	+3.376950	0.528524	3.283553	2.904638 n

$\frac{1}{2}(T+T_0)$	$\log\cos\delta$	P	$\log P$	$\log(\Delta\alpha-\Delta A)\cos\delta$
15^h.811525	9.981339	3566″.8	3.552279	3.266787
16.311525	9.981601	3567.5	3.552364	3.266693
16.811525	9.981861	3568.2	3.552449	3.266515
17.311525	9.982120	3568.8	3.552522	3.266431
17.811525	9.982379	3569.5	3.552607	3.266313
18.311525	9.982636	3570.2	3.552693	3.266189

T	$n \sin N = p'_2$	$\sin N$	$n \cos N = q'_2$	$\operatorname{tg} N$	N	$\log n$	$\log q_0$
15^h.0	9.714508	9.963792	9.343886 n	0.370622 n	113° 4′ 21″.0	9.750716	9.878312
16.0	9.714329	9.963500	9.345607 n	0.368722 n	9 46.9	9.750829	9.878227
17.0	9.714066	9.963229	9.347084 n	0.366982 n	14 46.2	9.750837	9.878142
18.0	9.713909	9.962942	9.348767 n	0.365142 n	20 3.4	9.750967	9.878069
19.0	9.713706	9.962656	9.350378 n	0.363328 n	25 17.2	9.751051	9.877984
20.0	9.713496	9.962374	9.351945 n	0.361551 n	113 30 25.5	9.751122	9.877898

Digitized by Google

Zusammenstellung der Hülfsgrössen für die Längenbestimmung.

			R	q_0	N	$\log n$
G (Aug. 8)	= $9^h\ 9^m\ 57^s.9$	$15^h.0$	16′ 13″.3	+0.75563	113° 4′.35	9.75072
G (Aug. 9)	= $9^h\ 13^m\ 54^s.5$	15.5	13.5	0.75556	7.15	9.75078
$R_\odot$	= 948″.4	16.0	13.6	0.75549	9.78	9.75083
A_0	= $9^h\ 17^m\ 57^s.7$	16.5	13.8	0.75541	12.28	9.75083
$\sin D_0$	= 9.43340	17.0	14.0	0.75534	14.77	9.75084
$\cos D_0$	= 9.98340	17.5	14.2	0.75527	17.40	9.75090
ω	= −0.00106	18.0	14.4	0.75521	20.06	9.75097
T_0	= $16^h\ 37^m\ 23^s.0$	18.5	14.6	0.75514	22.68	9.75101
δ_0	= +16° 29′	19.0	14.7	0.75506	25.29	9.75105
		19.5	14.9	0.75499	27.87	9.75109
		20.0	16 15.1	+0.75491	113 30.42	9.75112

Der Verfasser gedenkt, die Hülfsgrössen für die Längenbestimmung in der obigen Form alljährlich der Redaktion der „Annalen der Hydrographie u. s. w." zur Veröffentlichung zur Verfügung zu stellen.

§ 13. Beispiele für die Längenbestimmung.

Beispiel 1. Während der Sonnenfinsterniss 1896 August 8 erhielt Prof. Dr. Th. Wittram auf der Station Orlowskoje am Amur (s. Seite 11) die folgenden Kontaktmomente:

I.	1896 Aug. 9.	$1^h\ 17^m\ 1^s.1$	mittlere Ortszeit.
II.		2 28 12.1	» »
III.		2 30 51.2	» »
IV.		3 37 20.5	» »

Es ist aus diesen Beobachtungen die Länge zu bestimmen. — Als geographische Koordinaten des Beobachtungsortes wurden angenommen:

$$\lambda = 9^h\ 8^m\ 30^s.8 \text{ östlich von Greenwich,}$$
$$\varphi = +50°\,11'\,24''.5.$$

Daher

$$r \sin \varphi' = 9.88340$$
$$r \cos \varphi' = 9.80719$$

Sternzeit im mittleren Mittag des Beobachtungsortes (1896 Aug. 9) = $G - 1^m\ 30^s.1 = 9^h\ 12^m\ 24^s.4$.

(Aus der Vorausberechnung, s. Seite 12.)

		Oestlichster Randpunkt.	Mond-Mittelpunkt.	Westlichster Randpunkt.			
1.	R'	987″.4	986″.2	984″.1	9.	$-r \cos\varphi' \sin D_0$	9.24059 n
2.		2.99449	2.99396	2.99304	10.	$r \sin\varphi' \cos D_0$	9.86680
3.	$\frac{\rho}{R'}$	6.44160	6.44213	6.44305	11.		+0.73587
4.	$R' + R_\odot$	1935″.8	1934″.6	1932″.5			
5.		3.28686	3.28659	3.28612			
6.	k	9.72846	9.72872	9.72917			
7.	$R' - R_\odot$		37″.8				
8.			1.57749				

Digitized by Google

		I.	II.	III.	IV.
12.	Mittlere Ortszeit	$1^h17^m\ 1^s1$	$2^h28^m12^s1$	$2^h30^m51^s2$	$3^h37^m20^s5$
13.	Red. a. Sternzeit	$+\ 0^m12^s7$	$+\ 0^m24^s3$	$+\ 0^m24^s8$	$+\ 0^m35^s7$
14.		$1^h17^m13^s8$	$2^h28^m36^s4$	$2^h31^m16^s0$	$3^h37^m56^s2$
15.	θ	$10^h29^m38^s2$	$11^h41^m\ 0^s8$	$11^h43^m40^s4$	$12^h50^m20^s6$
16.	$\theta - A_\odot$	$1^h11^m40^s5$	$2^h23^m\ 3^s1$	$2^h25^m42^s7$	$3^h32^m22^s9$
17.		$17°\ 55'12$	$35°\ 45'77$	$36°\ 25'67$	$53°\ 5'72$
18.	$\sin(\theta - A_\odot)$	9.48808	9.76673	9.77364	9.90289
19.	$\cos(\theta - A_\odot)$	9.97841	9.90926	9.90558	9.77850
20.	u	9.29527	9.57392	9.58083	9.71008
21.	$-r\cos\varphi'\sin D_\odot\cos(\theta - A_\odot)$	9.21900 n	9.14985 n	9.14617 n	9.01909 n
22.		-0.16558	-0.14121	-0.14001	-0.10449
23.	v	$+0.57029$	$+0.59466$	$+0.59586$	$+0.63138$
24.		9.75609	9.77427	9.77514	9.80029
25.	v_1	9.75503	9.77321	9.77408	9.79923
26.		$+0.56889$	$+0.59321$	$+0.59440$	$+0.62984$
27.	Mittl. Greenw. Zeit	$16^h\ 8^m30^s3$	$17^h19^m41^s3$	$17^h22^m20^s4$	$18^h28^m49^s7$
28.	$q_\odot$	$+0.75547$	$+0.75529$	$+0.75529$	$+0.75514$
29.	$q_\odot - v_1$	$+0.18658$	$+0.16208$	$+0.16089$	$+0.12530$
30.	$m\sin M$	9.29421 n	9.57286 n	9.57977 n	9.70902 n
31.		9.86084 n	9.96263 n	9.96420 n	9.98735 n
32.	$m\cos M$	9.27086	9.20973	9.20653	9.09795
33.	$\operatorname{tg} M$	0.02335 n	0.36313 n	0.37324 n	0.61107 n
34.	M	$313°\ 27'64$	$293°\ 25'86$	$292°\ 56'89$	$283°\ 45'55$
35.	N	$113°\ 10'49$	$113°\ 16'50$	$113°\ 16'73$	$113°\ 22'58$
36.	$M - N$	$200°\ 17'15$	$180°\ 9'36$	$179°\ 40'16$	$170°\ 22'97$
37.	m	9.43337	9.61023	9.61557	9.72167
38.	k	9.72851	8.01962	8.01962	9.72911
39.	n	9.75083	9.75088	9.75089	9.75101
40.	$\frac{m}{n}$	9.68254	9.85935	9.86468	9.97066
41.	$\cos(M - N)$	9.97219 n	0.00000 n	9.99999 n	9.99385 n
42.	$\frac{m}{k}$	9.70486	1.59061	1.59595	9.99256
43.	$\sin(M - N)$	9.53996 n	7.43499	7.76127	9.22288
44.	$\cos\psi$	9.24482 n	9.02560	9.35722	9.21544
45.	$\sin\psi$	9.99319	9.99754	9.98845	9.99407
46.	$\frac{k}{n}$	9.97768	8.26874	8.26873	9.97810
47.	τ	9.65473 n	9.85935 n	9.86467 n	9.96451 n
48.		$-0^h.45158$	$-0^h.72335$	$-0^h.73227$	$-0^h.92152$
49.		$-0^h27^m\ 5^s7$	$-0^h43^m24^s0$	$-0^h43^m56^s2$	$-0^h55^m17^s5$
50.	$T_\odot - \tau$	$17^h\ 4^m28^s7$	$17^h20^m47^s0$	$17^h21^m19^s2$	$17^h32^m40^s5$
51.	ΔT	9.97087	8.26628	8.25718	9.97217
52.		$+0^h.93513$	$+0^h.01846$	$+0^h.01808$	$+0^h.93792$
53.		$+0^h56^m\ 6^s5$	$+0^h\ 1^m\ 6^s4$	$+0^h\ 1^m\ 5^s1$	$+0^h56^m16^s5$
54.	Z	$16^h\ 8^m22^s2$	$17^h19^m40^s6$	$17^h22^m24^s3$	$18^h28^m57^s0$
55.	λ	$9^h\ 8^m38^s9$	$9^h\ 8^m31^s5$	$9^h\ 8^m26^s9$	$9^h\ 8^m23^s5$
56.	λ (Mittelwerth)	$9^h\ 8^m30^s2$			

Formeln und Bemerkungen.

Zu Zeile 1. Die Werthe von R' sind aus der Vorausberechnung (Zeile 19) zu entnehmen.

Zu Zeile 3. In dem obigen Beispiel ist, um mit den Angaben des „Nautical Almanac" vom Jahre 1896 in Uebereinstimmung zu bleiben, $\log\rho = 9.43609$ angenommen worden. — Es wird sich empfehlen, in Zunkunft statt dessen den von J. Peters ermittelten Werth

$$\log\rho = 9.43539$$

(s. A. N. 138, Seite 148, 1895) zu benutzen.

Zu Zeile 6. $k = \frac{R' + R_\odot}{R'}\rho$

Unter Benutzung der in dieser Zeile stehenden Zahlen sind die Werthe von $\log k$, welche den Momenten der äusseren Berührung entsprechen, in der oben (Seite 21) angegebenen Weise mit Hülfe des Diagramms graphisch zu ermitteln.

Digitized by Google

Die erhaltenen Grössen sind in die Zeile 38 einzutragen. — Für die innere Berührung ist k mit Hülfe der Gleichung

$$k = \frac{R' - R_\odot}{R'} \rho ,$$

wo R' der in der mittleren Kolumne von Zeile 6 stehende Werth ist, zu berechnen.

Zu Zeile 15. (15) = (14) + Sternzeit im mittleren Mittag des Beobachtungsortes.

Zu Zeile 20 bis 24.
$$u = r \cos\varphi' \sin(\vartheta - A_0)$$
$$v = r \sin\varphi' \cos D_0 - r \cos\varphi' \sin D_0 \cos(\vartheta - A_0)$$

Zu Zeile 25 und 30.
$$\log u_1 = \log(-m \sin M) = \log u - \omega$$
$$\log v_1 = \log v - \omega$$

Die Korrektion ω ist an die **numerischen** Werthe von $\log u$ und $\log v$ (ohne Rücksicht auf die Vorzeichen dieser Grössen) mit **negativem** Vorzeichen anzubringen.

Zu Zeile 27. Die in dieser Zeile stehenden mittleren Greenwicher Zeiten der Beobachtung sind mit Hülfe eines genäherten Werthes der Länge aus Zeile 12 abzuleiten. Für die erhaltenen Greenwicher Zeiten sind aus der Tafel der Hülfsgrössen die Werthe q_0 (Zeile 28), N (Zeile 35) und n (Zeile 39) zu entnehmen.

Zu Zeile 30 bis 34.
$$m \sin M = -u_1$$
$$m \cos M = q_0 - v_1$$

Der Quadrant von M ist so zu bestimmen, dass m positiv wird. In die Zeile 31 ist die grössere der beiden Funktionen $\sin M$ oder $\cos M$ einzutragen und hiermit m (Zeile 37) zu berechnen.

Zu den Zeilen 40 bis 54.
$$\cos\psi = \frac{m}{k} \sin(M - N)$$
$$\tau = \frac{m}{n} \cos(M - N)$$
$$\Delta T = \frac{k}{n} \sin\psi$$
$$Z = T_0 - \tau \mp \Delta T$$

$\sin\psi$ ist mit Hülfe von $\cos\psi$ unmittelbar aus der Tafel der trigonometrischen Funktionen aufzuschlagen; einer Ermittelung des Winkels ψ, welcher im 1sten oder 2ten Quadranten liegt, bedarf es nicht. $\sin\psi$ **ist also stets positiv.** — In der letzten Formel gilt das negative Vorzeichen für die erste äussere und die erste innere Berührung, dagegen das positive Vorzeichen für die zweite innere sowie die zweite äussere Berührung.

Zu Zeile 55. λ = mittlere Ortszeit der Beobachtung (Zeile 12) minus Z.

Beispiel 2. Während der Sonnenfinsterniss 1896 August 8 erhielten die Mitglieder der nach Nowaja Zemlja entsandten Expedition folgende Kontaktzeiten:

Kontakt	Mittl. Ortszeit	Beobachter	Mittelwerth
I	$18^h 35^m 40^s.5$	Backlund	$18^h 35^m 37^s.1$
	39.0	Galitzin	
	33.5	Hansky	
	35.5	Kostinsky	
II	19 34 35.5	Backlund	19 34 35.5
	35.5	Kostinsky	
III	19 36 22.0	Backlund	19 36 22.5
	23.0	Hansky	
IV	20 37 9.5	Backlund	20 37 12.2
	14.5	Galitzin	
	11.5	Hansky	
	13.5	Kostinsky	

Es ist aus den angegebenen Mittelwerthen die Länge zu bestimmen. Als geographische Koordinaten des Beobachtungsortes wurden angenommen:

$$\lambda = 3^h 30^m 50^s.3 \text{ östlich von Greenwich,}$$
$$\varphi = +72^\circ 22' 29''.5.$$

Daher
$$r \sin\varphi' = 9.97753$$
$$r \cos\varphi' = 9.48245$$
$$tg\,\varphi' = 0.495$$

Sternzeit im mittleren Mittag des Beobachtungsortes (1896 Aug. 8) = $G - 34^s.6 = 9^h 9^m 23^s.3$.

Digitized by Google

Die folgende Rechnung soll unter der Voraussetzung ausgeführt werden, dass eine Vorausberechnung nicht vorliegt.

		I.	II.	III.	IV.
1.	$-r\cos\varphi'\sin D_0$	8.91585 *n*			
2.	$r\sin\varphi'\cos D_0$	9.96093			
3.		+ 0.91396			
4.	Mittlere Ortszeit	$18^h35^m37^s1$	$19^h34^m35^s5$	$19^h36^m22^s5$	$20^h37^m12^s2$
5.	Red. a. Sternzeit	+ 3^m 3^s3	+ 3^m13^s0	+ 3^m13^s2	+ 3^m23^s2
6.		$18^h38^m40^s4$	$19^h37^m48^s5$	$19^h39^m35^s7$	$20^h40^m35^s4$
7.	θ	3^h48^m 3^s7	$4^h47^m11^s8$	$4^h48^m59^s0$	$5^h49^m58^s7$
8.	$\theta-A_0$	18^h30^m 6^s0	$19^h29^m14^s1$	19^h31^m 1^s3	20^h32^m 1^s0
9.		277° 31′50	292° 18′52	292° 45′32	308° 0′25
10.	$\sin(\theta-A_0)$	9.99624 *n*	9.96621 *n*	9.96481 *n*	9.89650 *n*
11.	$\cos(\theta-A_0)$	9.11713	9.57932	9.58749	9.78938
12.	u	9.47869 *n*	9.44866 *n*	9.44726 *n*	9.37895 *n*
13.	$-r\cos\varphi'\sin D_0\cos(\theta-A_0)$	8.03298 *n*	8.49517 *n*	8.50334 *n*	8.70523 *n*
14.		− 0.01079	− 0.03127	− 0.03187	− 0.05073
15.	v	+ 0.90317	+ 0.88269	+ 0.88209	+ 0.86323
16.		9.95577	9.94580	9.94551	9.93612
17.	v_1	9.95471	9.94474	9.94445	9.93506
18.		+ 0.90097	+ 0.88053	+ 0.87995	+ 0.86113
19.	Mittl. Greenw. Zeit	15^h 4^m46^s8	16^h 3^m45^s2	16^h 5^m32^s2	17^h 6^m21^s9
20.	$tg\,g$	1.378	0.916	0.908	0.706
21.	g	87° 36′	83° 5′	82° 57′	78° 52′
22.	$\sin g$	0.000	9.997	9.997	9.992
23.	$\frac{r\sin\varphi'}{\sin g}$	9.978	9.981	9.981	9.986
24.	δ_0-g	288° 53′	293° 24′	293° 32′	297° 37′
25.	R	973″3	973″6	973″6	974″0
26.	c_1	+ 4″8	+ 5″8	+ 5″9	+ 6″9
27.	c_2	+ 0″4	+ 0″5	+ 0″5	+ 0″6
28.	R'	978″5	979″9	980″0	981″5
29.		2.99056	2.99118	2.99123	2.99189
30.	$R'\pm R_\odot$	1926″9	31″5	31″6	1929″9
31.		3.28486	1.49831	1.49969	3.28554
32.	$\frac{\rho}{R'}$	6.44553	6.44491	6.44486	6.44420
33.	q_0	+ 0.75562	+ 0.75548	+ 0.75547	+ 0.75533
34.	q_0-v_1	− 0.14535	− 0.12505	− 0.12448	− 0.10580
35.	$m\sin M$	9.47763	9.44760	9.44620	9.37789
36.		9.95431	9.96058	9.96067	9.96106
37.	$m\cos M$	9.16241 *n*	9.09708 *n*	9.09510 *n*	9.02449 *n*
38.	$tg\,M$	0.31522 *n*	0.35051 *n*	0.35110 *n*	0.35340 *n*
39.	M	115° 49′41	114° 2′66	114° 0′94	113° 54′16
40.	N	113° 4′80	113° 10′09	113° 10′25	113° 15′33
41.	$M-N$	2° 44′61	0° 52′57	0° 50′69	0° 38′83
42.	m	9.52332	9.48702	9.48553	9.41683
43.	k	9.73039	7.94322	7.94455	9.72974
44.	n	9.75073	9.75083	9.75083	9.75085
45.	$\frac{m}{n}$	9.77259	9.73619	9.73470	9.66598
46.	$\cos(M-N)$	9.99950	9.99995	9.99995	9.99997
47.	$\frac{m}{k}$	9.79293	1.54380	1.54098	9.68709
48.	$\sin(M-N)$	8.68002	8.18444	8.16863	8.05292
49.	$\cos\psi$	8.47295	9.72824	9.70961	7.74001
50.	$\sin\psi$	9.99981	9.92683	9.93387	9.99999
51.	$\frac{k}{n}$	9.97966	8.19239	8.19372	9.97889

Digitized by Google

		I.	II.	III.	IV.
52.	τ	9.77209	9.73614	9.73465	9.66595
53.		$+0^h.59169$	$+0^h.54467$	$+0^h.54281$	$+0^h.46339$
54.		$+0^h35^m30^s.1$	$+0^h32^m40^s.8$	$+0^h32^m34^s.1$	$+0^h27^m48^s.2$
55.	$T_o-\tau$	$16^h\ 1^m52^s.9$	$16^h\ 4^m42^s.2$	$16^h\ 4^m48^s.9$	$16^h\ 9^m34^s.8$
56.	ΔT	9.97947	8.11922	8.12759	9.97888
57.		$+0^h.95382$	$+0^h.01316$	$+0^h.01341$	$+0^h.95254$
58.		$+0^h57^m13^s.8$	$+0^h\ 0^m47^s.4$	$+0^h\ 0^m48^s.2$	$+0^h57^m\ 9^s.2$
59.	Z	$15^h\ 4^m39^s.1$	$16^h\ 3^m54^s.8$	$16^h\ 5^m37^s.1$	$17^h\ 6^m44^s.0$
60.	λ	$3^h30^m58^s.0$	$3^h30^m40^s.7$	$3^h30^m45^s.4$	$3^h30^m28^s.2$
61.	λ (Mittelwerth)	$3^h30^m43^s.1$			

Formeln und Bemerkungen.

Es wird im Hinblick auf die dem ersten Beispiel folgenden Formeln und Bemerkungen nur nothwendig sein, hier noch einige Erläuterungen der Zeilen 20 bis 28 zu geben, in welchen die direkte Ableitung des scheinbaren Mondradius enthalten ist.

Zu Zeile 20. $tg\,\varphi' = \frac{tg\,g}{cos\,(\vartheta - A_o)}$

Zu Zeile 21. Bezüglich der Wahl des Quadranten von g vgl. die Bemerkungen zu Zeile 20 (Seite 14) in der Sternbedeckungs-Abhandlung und die Bemerkungen zu Zeile 9 (Seite 13) im Beispiel 1 der Vorausberechnung der Sonnenfinsternisse.

Zu den Zeilen 26 und 27. c_1 wird mit den Argumenten $log\frac{r\,sin\,\varphi'}{sin\,g}$ (horizontal) und $\delta_o - g$ (vertikal) aus Tafel 16, und c_2 mit den Argumenten c_1 (horizontal) und R (vertikal) aus Tafel 17 entnommen.

Zu Zeile 28. $R' = R + c_1 + c_2$.

Beispiel 3. Während der Sonnenfinsterniss 1896 August 8 erhielten die Beobachter auf der Leipziger Sternwarte die folgenden mittleren Ortszeiten für den letzten Kontakt:

Hartmann	$17^h18^m17^s.0$
Hayn	16.7
Leppig	18.6
Kaegbein	16.2
Mittelwerth:	$17^h18^m17^s.1$

Es ist aus dem angegebenen Mittelwerthe die Länge zu bestimmen. Geographische Koordinaten der Leipziger Sternwarte: $\lambda = 0^h49^m34^s.0$ östlich von Greenwich, $\varphi = +51°\,20'\ 6''.3$.

$r\,sin\,\varphi' = 9.89052$
$r\,cos\,\varphi' = 9.79659$
$tg\,\varphi' = 0.094$

Sternzeit im mittleren Leipziger Mittag 1896 Aug. 8: $9^h\ 9^m49^s.8$.

1.	$-r\,cos\,\varphi'\,sin\,D_o$	9.22999 n	23.	$\frac{r\,sin\,\varphi'}{sin\,g}$	9.897	43.	k	9.73107
2.	$r\,sin\,\varphi'\,cos\,D_o$	9.87392				44.	n	9.75083
3.		+0.74803	24.	$\delta_o - g$	277° 10	45.	$\frac{m}{n}$	0.03587
4.	Mittlere Ortszeit	$17^h18^m17^s.1$	25.	R	973.8			
5.	Red. a. Sternzeit	$+\ 2^m50^s.6$	26.	c_1	+ 1.5	46.	$cos\,(M-N)$	9.97063
6.		$17^h21^m\ 7^s.7$	27.	c_2	+ 0.1	47.	$\frac{m}{k}$	0.05563
7.	θ	$2^h30^m57^s.5$	28.	R'	975.4			
8.	$\theta - A_o$	$17^h12^m59^s.8$	29.		2.98918	48.	$sin\,(M-N)$	9.55100 n
9.		258° 14.95	30.	$R' + R_\odot$	1923.8	49.	$cos\,\psi$	9.60663 n
10.	$sin\,(\theta - A_o)$	9.99080 n	31.		3.28416	50.	$sin\,\psi$	9.96125
11.	$cos\,(\theta - A_o)$	9.30890 n	32.	$\frac{\rho}{R'}$	6.44691	51.	$\frac{k}{n}$	9.98024
12.	u	9.78739 n						
13.	$-r\,cos\,\varphi'\,sin\,D_o\,cos(\vartheta - A_o)$	8.53889	33.	q_o	+ 0.75541	52.	τ	0.00650
14.		+ 0.03459	34.	$q_o - v_1$	- 0.02531	53.		$+1^h.01507$
15.	v	+ 0.78262	35.	$m\,sin\,M$	9.78633	54.		$+1^h\ 0^m54^s.3$
16.		9.89355	36.		9.99963	55.	$T_o - \tau$	$15^h36^m28^s.7$
17.	v_1	9.89249	37.	$m\,cos\,M$	8.40329 n	56.	ΔT	9.94149
18.		+ 0.78072	38.	$tg\,M$	1.38304 n	57.		$+0^h.87396$
19.	Mittl. Greenw. Zeit	$16^h28^m43^s.1$	39.	M	92° 22.23	58.		$+0^h52^m26^s.2$
20.	$tg\,g$	0.785 n	40.	N	113° 12.17	59.	Z	$16^h28^m54^s.9$
21.	g	99° 19′	41.	$M - N$	339° 10.06	60.	λ	$0^h49^m22^s.2$
22.	$sin\,g$	9.994	42.	m	9.78670			

Digitized by Google

Es wird vielleicht nicht ohne Interesse sein, wenn hier schliesslich noch in einer Uebersicht die Resultate zusammengestellt werden, welche sich bei der Berechnung der vorstehenden Beispiele nach den verschiedenen oben vorgeschlagenen, mehr oder minder genauen Rechnungsmethoden sowie nach den strengen Formeln ergeben haben. Es mögen aber zunächst die folgenden Bemerkungen vorangeschickt werden. Bei den beiden oben besprochenen Problemen, Vorausberechnung und Längenbestimmung, handelt es sich im Grunde um das gleiche, nämlich um die Bestimmung der mittleren Greenwicher Zeit, zu welcher auf Grund der Ephemeridenwerthe die optische Berührung von Sonne und Mond für den Beobachtungsort stattfindet. Wir waren im Stande, das Problem der Längenbestimmung auf direktem Wege (d. h. ohne Näherungen) in nahezu strenger Form zu lösen, weil wir aus der Beobachtungszeit den Stundenwinkel der Sonne ableiten konnten. Es ist nun aber zu berücksichtigen, dass im allgemeinen die Ephemeridenwerthe nicht vollständig fehlerfrei sind und dass deshalb der Betrag, welchen man auf Grund dieser Werthe durch ein Näherungsverfahren für den Stundenwinkel der Sonne berechnen kann, auch im allgemeinen nicht vollständig dem Beobachtungswerthe entsprechen wird. — Wenn wir demnach das für die Längenbestimmung gewählte Verfahren bezüglich seiner Annäherung an die strengen, auf der Grundlage der Ephemeridenwerthe gewonnenen Resultate prüfen wollen, so müssen wir versuchen, aus der Rechnung sämtliche auf direkte Beobachtung beruhende Werthe zu beseitigen. Es wird nun bei der geringen Abweichung zwischen den Ephemeridenwerthen und den wirklichen Koordinaten und Bewegungen von Sonne und Mond stets genügen, wenn wir an den Betrag Z aus der Rechnung für die Längenbestimmung die angenommene Längendifferenz anbringen und alsdann mit $Z+\lambda$ an Stelle der beobachteten mittleren Ortszeit des Kontakts die Rechnung wiederholen. In dieser Weise sind die in der Kolumne 5 enthaltenen Zeiten gefunden worden.

1896 August 8/9, Sonnenfinsterniss.

1. Beobachtungsort	2. Kontakt	Mittlere Greenwicher Zeit					8. Beobachter
		3. Genäherte Vorausberechnung. (Schema: Beispiel 2)	4. Schärfere Vorausberechnung. (Schema: Beispiel 1)	5. Berechnung nach den veränderten Bessel'schen Formeln. (Schema: Längenbestimmung)	6. Strenger Werth	7. Beobachtung	
Orlowskoje am Amur	I	$16^h\ 8^m\ 3^s$	$16^h\ 8^m 17^s$	$16^h\ 8^m 20^s.4$	$16^h\ 8^m 22^s.6$	$16^h\ 8^m 30^s.4$	Wittram
	II	17 19 52	17 19 41	17 19 40.6	17 19 38.4	17 19 41.3	Wittram
	III	17 22 16	17 22 27	17 22 25.1	17 22 24.0	17 22 20.4	Wittram
	IV	18 29 10	18 28 59	18 28 57.6	18 28 59.3	18 28 49.7	Wittram
Nowaja Zemlja	I	15 4 30	15 4 37	15 4 39.0	15 4 41.0	15 4 50.2	Backlund
						48.7	Galitzin
						43.2	Hansky
						45.2	Kostinsky
	II	16 3 51	16 3 54	16 3 55.3	16 3 54.6	16 3 45.2	Backlund
						45.2	Kostinsky
	III	16 5 42	16 5 39	16 5 37.5	16 5 39.7	16 5 31.7	Backlund
						32.7	Hansky
	IV	17 6 58	17 6 51	17 6 46.1	17 6 45.7	17 6 19.2	Backlund
						24.2	Galitzin
						21.2	Hansky
						23.2	Kostinsky
Leipzig	IV	16 29 24	16 28 55	16 28 54.1	16 28 54.3	16 28 43.0	Hartmann
						42.7	Hayn
						44.6	Leppig
						42.2	Kaegbein

Digitized by Google

Man erkennt aus dieser Zusammenstellung, dass die Werthe der Kolumne 4 mit den strengen Werthen stets innerhalb weniger Zeitsekunden übereinstimmen. Die Unterschiede sind ungefähr gleich den Differenzen in der Auffassung der Kontaktmomente seitens verschiedener Beobachter; es möge hierbei bemerkt werden, dass gerade in den obigen Beispielen eine ausnahmsweise gute Uebereinstimmung zwischen den einzelnen Beobachtern besteht. — Für diejenigen Fälle, in welchen die Erreichung einer grossen Genauigkeit nicht erforderlich erscheint, möge deshalb hier der Vorschlag gemacht werden, eine Vorausberechnung nach dem betreffenden Schema (Beisp. 1, Seite 11) auszuführen, und alsdann die Länge unmittelbar durch die Gleichung

$$\lambda = Z - E$$

abzuleiten, wo Z der vorausberechnete Werth in mittlerer Greenwicher Zeit ausgedrückt und E der Beobachtungswerth in Ortszeit ausgedrückt bedeuten. Man kann dieses rechnerisch recht bequeme Verfahren für den erwähnten Fall um so mehr empfehlen, als die Unsicherheit, welche durch die Ephemeridenfehler in die Längenbestimmung hineingetragen wird — wie man durch Vergleichung der Kolumnen 6 und 7 erkennt — die Unsicherheit der Rechnung zum Theil noch recht erheblich übersteigt.

Bemerkung. An die Entwickelungen im ersten Abschnitt der vorliegenden Abhandlung lassen sich unmittelbar die Vorschriften für die Berechnung der Kurve der zentralen Verfinsterung, der Grenzkurven u. s. w. anschliessen. Der Verfasser beabsichtigt, diesen Theil später in einer astronomischen Fachzeitschrift zu veröffentlichen.

Digitized by Google

Tafeln.

Tafel 15.

ΔA	$\log \mu$	ΔA	$\log \mu$	ΔA	$\log \mu$	ΔA	$\log \mu$	ΔA	$\log \mu$
1^m30^s	2.9445	1^m50^s	2.9420	2^m10^s	2.9395	2^m30^s	2.9370	2^m50^s	2.9345
31	.9443	51	.9419	11	.9394	31	.9369	51	.9344
32	.9442	52	.9417	12	.9392	32	.9367	52	.9342
33	.9441	53	.9416	13	.9391	33	.9366	53	.9341
34	.9440	54	.9415	14	.9390	34	.9365	54	.9340
35	.9438	55	.9414	15	.9389	35	.9364	55	.9338
36	.9437	56	.9412	16	.9387	36	.9362	56	.9337
37	.9436	57	.9411	17	.9386	37	.9361	57	.9336
38	.9435	58	.9410	18	.9385	38	.9360	58	.9335
39	9434	1 59	.9409	19	.9384	39	.9359	2 59	.9333
40	.9432	2 0	.9407	20	.9382	40	.9357	3 0	2 9332
41	.9431	1	.9406	21	.9381	41	.9356		
42	.9430	2	.9405	22	.9380	42	.9355		
43	.9429	3	.9404	23	.9379	43	.9354		
44	.9427	4	.9402	24	.9377	44	.9352		
45	.9426	5	.9401	25	.9376	45	.9351		
46	.9425	6	.9400	26	.9375	46	.9350		
47	.9424	7	.9399	27	.9374	47	.9349		
48	.9422	8	.9397	28	.9372	48	.9347		
49	.9421	9	.9396	29	.9371	49	.9346		
1 50	2.9420	2 10	2.9395	2 30	2.9370	2 50	2.9345		

Tafel 16. (c_1-*Tafel*). Horizontal-Argument: $\log \frac{r \sin \varphi'}{\sin g}$; Vertikal-Argument: $\delta_0 - g$.

	$-\alpha$	8.00	8.50	9.00	9.10	9.20	9.30	9.40	9.50	9.55	9.60	9.65	9.70	9.75	9.80	9.85	9.90	9.95	0.00
0°	360°	0".0	+0".2	+0".5	+1".5	+1".9	+2".5	+3".1	+3".9	+4".9	+5".5	+6".2	+6".9	+7".7	+8".7	+9".8	+11".0	+12".3	+13".8	+15".5
5	355	0.0	0.2	0.5	1.5	1.9	2.4	3.1	3.9	4.9	5.5	6.1	6.9	7.7	8.7	9.7	10.9	12.2	13.7	15.4
10	350	0.0	0.2	0.5	1.5	1.9	2.4	3.0	3.8	4.8	5.4	6.1	6.8	7.6	8.6	9.6	10.8	12.1	13.6	15.2
15	345	0.0	0.1	0.5	1.5	1.9	2.4	3 0	3.8	4.7	5.3	5.9	6.7	7.5	8.4	9.4	10.6	11.9	13.3	14.9
20	340	0.0	0.1	0.5	1.5	1.8	2.3	2.9	3.7	4.6	5.2	5.8	6.5	7.3	8.2	9.2	10.2	11.5	13.0	14.5
25	335	0.0	0.1	0.4	1.4	1.8	2.2	2.8	3.5	4.4	5.0	5.6	6.3	7.0	7.9	8.8	9.9	11.1	12.5	14.0
30	330	0.0	0.1	0.4	1.3	1.7	2.1	2.7	3.4	4.2	4.8	5.3	6.0	6.7	7.5	8.5	9.5	10.6	11.9	13.4
35	325	0.0	0.1	0.4	1.3	1.6	2 0	2.5	3.2	4.0	4.5	5.0	5.7	6.4	7.1	8.0	9.0	10.1	11.3	12.7
40	320	0.0	0.1	0.4	1.2	1.5	1.9	2.4	3.0	3.7	4.2	4.7	5.3	5.9	6.7	7.5	8.4	9.4	10.6	11.9
45	315	0.0	0.1	0.3	1.1	1.4	1.7	2.2	2.7	3.5	3.9	4.4	4.9	5.5	6.2	6.9	7.7	8.7	9.8	10.9
50	310	0.0	0.1	0.3	1.0	1.3	1.6	2.0	2.5	3.1	3.5	4.0	4.4	5.0	5.6	6.3	7.0	7.9	8.9	9.9
55	305	0.0	0.1	0.3	0.9	1.1	1.4	1.8	2.2	2.8	3.1	3.5	4.0	4.4	5.0	5.6	6.3	7.0	7.9	8.9
60	300	0.0	0.1	0.2	0.8	1.0	1.2	1.5	1.9	2.4	2.7	3.1	3.5	3.9	4.4	4.9	5.5	6.1	6.9	7.7
65	295	0.0	0.1	0.2	0.7	0.8	1.0	1.3	1.6	2.1	2.3	2.6	2.9	3.3	3.7	4.1	4.6	5.2	5.8	6.5
70	290	0.0	+0.1	0.2	0.5	0.7	0.8	1.1	1.3	1.7	1.9	2.1	2.4	2.7	3.0	3.3	3.7	4.2	4.7	5.3
75	285	0.0	0.0	0.1	0.4	0.5	0.6	0.8	1.0	1.3	1.4	1.6	1.8	2.0	2.3	2.5	2.8	3.2	3.6	4.0
80	280	0.0	0.0	+0.1	0.3	0.3	0.4	0.5	0.7	0.8	1.0	1.1	1.2	1.3	1.5	1.7	1.9	2.1	2.4	2.7
85	275	0.0	0.0	0.0	+0.1	+0.2	+0.2	+0.3	+0.3	+0.4	+0.5	+0.5	+0.6	+0.7	+0.8	+0.9	+ 1.0	+ 1.1	+ 1.2	+ 1.3
90	270	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
95	265	0.0	0.0	0.0	−0.1	−0.2	−0.2	−0.3	−0.3	−0.4	−0.5	−0.5	−0.6	−0.7	−0.8	−0.9	− 1.0	− 1.1	− 1.2	− 1.3
100	260	0.0	0.0	−0.1	0.3	0.3	0.4	0.5	0.7	0.8	1.0	1.1	1.2	1.3	1.5	1.7	1.9	2.1	2.4	2.7
105	255	0.0	0.0	0.1	0.4	0.5	0.6	0.8	1.0	1.3	1.4	1.6	1.8	2.0	2.3	2.5	2.8	3.2	3.6	4.0
110	250	0.0	−0.1	0.2	0.5	0.7	0.8	1.1	1.3	1.7	1.9	2.1	2.4	2.7	3.0	3.3	3.7	4.2	4.7	5.3
115	245	0.0	0.1	0.2	0.7	0.8	1.0	1.3	1.6	2.1	2.3	2.6	2.9	3.3	3.7	4.1	4.6	5.2	5.8	6.5
120	240	0.0	−0.1	−0.2	−0.8	−1.0	−1.2	−1.5	−1.9	−2.4	−2.7	−3.1	−3.5	−3.9	−4.4	−4.9	− 5.5	− 6.1	− 6.9	− 7.7

Digitized by Google

Tafel 17. (c_2-*Tafel*). Horizontal-Argument: c_1; Vertikal-Argument: R.

	−7″	−6″	−5″	−4″	−3″	−2″	−1″	0″	+1″	+2″	+3″	+4″	−5″	+6″	+7″	+8″	+9″	+10″	+11″	+12″	+13″	+14″	+15″
860″	+1″.0	+0″.9	+0″.7	+0″.6	+0″.4	+0″.3	+0″.1	0″.0	−0″.1	−0″.3	−0″.4	−0″.6	−0″.7	−0″.9	−1″.0	−1″.2	−1″.3	−1″.5	−1″.6	−1″.8	−1″.9	−2″.1	−2″.2
870	0.9	0.8	0.6	0.5	0.4	0.3	0.1	0.0	0.1	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	0.9	1.0	1.2	1.3	1.4	1.6	1.7	1.8	1.0
880	0.8	0.7	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.0
890	0.6	0.5	0.4	0.4	0.3	0.2	0.1	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.3
900	0.5	0.4	0.3	0.3	0.2	0.1	+0.1	0.0	−0.1	0.1	0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.6	0.6	0.7	0.8	0.8	0.9	1.0	1.0
910	0.3	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7
920	+0.2	+0.2	+0.1	+0.1	+0.1	+0.1	0.0	0.0	0.0	−0.1	−0.1	−0.1	−0.1	−0.2	−0.2	−0.2	−0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4
930	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	−0.1	−0.1	−0.1	−0.1	−0.1	−0.1
940	−0.1	−0.1	−0.1	−0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	+0.1	+0.1	+0.1	+0.1	+0.1	+0.1	+0.2	+0.2	+0.2	+0.2	+0.2	+0.2
950	0.3	0.2	0.2	0.1	−0.1	−0.1	0.0	0.0	0.0	+0.1	+0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6
960	0.4	0.4	0.3	0.2	0.2	0.1	−0.1	0.0	+0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	0.0
970	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.2	0.1	0.0	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.1	1.2
980	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5	1.6
990	0.9	0.8	0.6	0.5	0.4	0.3	0.1	0.0	0.1	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	0.9	1.0	1.1	1.3	1.4	1.5	1.7	1.8	1.9
1000	1.0	0.9	0.7	0.6	0.4	0.3	0.1	0.0	0.1	0.3	0.4	0.6	0.7	0.9	1.0	1.2	1.3	1.5	1.6	1.8	1.9	2.1	2.2
1100	−1.2	−1.0	−0.9	−0.7	−0.5	−0.3	−0.2	0.0	+0.2	+0.3	+0.5	+0.7	+0.9	+1.0	+1.2	+1.4	+1.6	+1.7	+1.9	+2.1	+2.2	+2.4	+2.6

Tafel 18. (ε-*Tafel*). Horizontal-Argument: δ_0; Vertikal-Argument: $\frac{\delta' - \delta}{\Pi}$

ε ist in Einheiten der 4ten Dezimalstelle gegeben.

	0°	2°	4°	6°	8°	10°	12°	14°	16°	18°	20°	22°	24°	26°	28°	30°
0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.1	0	0	0	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	4	4	4
0.2	0	0	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	8	8
0.3	0	1	1	2	3	4	5	5	6	7	8	9	10	11	11	12
0.4	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	13	14	15	17
0.5	0	1	2	4	5	6	8	9	10	12	13	14	16	18	19	21
0.6	0	1	3	5	6	8	9	11	12	14	16	17	19	21	23	25
0.7	0	2	3	5	7	9	11	13	14	16	18	20	22	25	27	29
0.8	0	2	4	6	8	10	12	14	16	19	21	23	26	28	31	33
0.9	0	2	4	7	9	11	14	16	19	21	23	26	29	32	34	37
1.0	0	2	5	8	10	13	15	18	21	23	26	29	32	35	38	41

Vorzeichen-Regel: ε ist positiv, wenn die Argumente gleiche Vorzeichen haben,
ε ist negativ, wenn die Argumente entgegengesetzte Vorzeichen haben.

Digitized by Google

Tafel 19. (*Tafel für* $\Delta A y$).

Horizontal-Argument: ΔA; Vertikal-Argument: y.

	9ˢ.0	9ˢ.2	9ˢ.4	9ˢ.6	9ˢ.8	10ˢ.0	10ˢ.2	10ˢ.4	10ˢ.6	10ˢ.8	11ˢ.0	11ˢ.2
0ᵇ.0	0′.0	0′.0	0′.0	0′.0	0′.0	0′.0	0′.0	0′.0	0′.0	0′.0	0′.0	0′.0
.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
.2	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6
.3	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
.4	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1
.5	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4
.6	1.3	1.4	1.4	1.4	1.5	1.5	1.5	1.6	1.6	1.6	1.6	1.7
.7	1.6	1.6	1.6	1.7	1.7	1.7	1.8	1.8	1.9	1.9	1.9	2.0
.8	1.8	1.8	1.9	1.9	2.0	2.0	2.0	2.1	2.1	2.2	2.2	2.2
0.9	2.0	2.1	2.1	2.2	2.2	2.2	2.3	2.3	2.4	2.4	2.5	2.5
1.0	2.2	2.3	2.3	2.4	2.4	2.5	2.5	2.6	2.6	2.7	2.7	2.8
.1	2.5	2.5	2.6	2.6	2.7	2.7	2.8	2.9	2.9	3.0	3.0	3.1
.2	2.7	2.8	2.8	2.9	2.9	3.0	3.1	3.1	3.2	3.2	3.3	3.4
.3	2.9	3.0	3.1	3.1	3.2	3.2	3.3	3.4	3.4	3.5	3.6	3.6
.4	3.1	3.2	3.3	3.4	3.4	3.5	3.6	3.6	3.7	3.8	3.8	3.9
.5	3.4	3.4	3.5	3.6	3.7	3.7	3.8	3.9	4.0	4.0	4.1	4.2
.6	3.6	3.7	3.8	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2	4.2	4.3	4.4	4.5
.7	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8
.8	4.0	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9	4.9	5.0
1.9	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.7	4.8	4 9	5.0	5.1	5.2	5.3
2.0	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9	5.0	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6
.1	4.7	4.8	4.9	5.0	5.1	5.2	5.4	5.5	5.6	5.7	5.8	5.9
.2	4.9	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	5.8	5.9	6.0	6.2
2.3	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	5.9	6.0	6.1	6.2	6.3	6.4

Tafel 20. (ω-*Tafel*).

Horizontal-Argument: Parallaxe der Sonne; Vertikal-Argument: Parallaxe des Mondes.

ω ist in Einheiten der 5ten Dezimalstelle gegeben.

	8″.6	8″.7	8″.8	8″.9	9″.0	9″.1
54′ 0″	115	117	118	119	121	122
55 0	113	115	116	117	119	120
56 0	111	113	114	115	116	118
57 0	109	111	112	113	114	116
58 0	107	109	110	111	112	114
59 0	106	107	108	109	110	112
60 0	104	105	106	108	109	110
61 0	102	103	104	106	107	108

ω ist stets mit negativem Vorzeichen an die numerischen Werthe von $\log u$ und $\log v$ anzubringen.

Digitized by Google

Digitized by Google

AUS DEM
ARCHIV DER DEUTSCHEN SEEWARTE.
XXII. Jahrgang 1899.
Herausgegeben von der Direktion der Seewarte.

No. 2.

Die Strömungen der Luft in den barometrischen Minima und Maxima,

ein Beitrag zur Theorie der Cyklonen und Anticyklonen.

Von

Dr. **P. Polis,**
Direktor der Meteorologischen Centralstation Aachen.

(Mit 22 Tabellen, 73 Figuren auf 8 Tafeln und 5 Figuren im Texte.)

HAMBURG, 1899.

Gedruckt bei Hammerich & Lesser in Altona.

Digitized by Google

Digitized by Google

Vorwort.

Wichtige Beiträge für die Meteorologie liefern Untersuchungen über die Theorie der Cyklonen und Anticyklonen, besonders dann, wenn umfangreiche Beobachtungen ihnen als Unterlage dienen. So ist auch die vorliegende Arbeit auf empirischen Thatsachen aufgebaut, indem nach direkt auf den Wetterkarten gemessenen Grössen die Strömungen der Luft in den barometrischen Minima und Maxima untersucht wurden; vor allem sind die verschiedenen Ursachen, welche ein Lufttheilchen von seiner Bahn ablenken, eingehend erörtert. Der Ablenkungswinkel (d. i. der Winkel, den die Luftströmung mit der Gradientenrichtung bildet) und die Windstärke sind sowohl in ihren Beziehungen zu den einzelnen Luftdruckstufen nach dem Hildebrandsson'schen Schema als nach den verschiedenen Entfernungen vom Centrum der Luftdrucksysteme gesondert betrachtet. Diese Untersuchung wurde durchgeführt für die Orte Furnes an der belgischen Küste, Aachen, Karlsruhe, Breslau und die Höhenstationen Höchenschwand und die Schneekoppe. Im ganzen gelangten etwa 10000 Werthe zur Verarbeitung, sodass das in den beigegebenen Tabellen enthaltene Material auch noch eine schätzenswerthe Unterlage für weitere Arbeiten gewähren dürfte. Noch sei darauf hingewiesen, dass die aus der vorliegenden Arbeit abgeleiteten Ergebnisse sich nur auf die grossen europäischen Cyklonen (nicht Gewitter oder lokale Depressionen) und Anticyklonen, sowie auf die Periode 1880—90 bezw. 1886—90 mit Ausschluss des Polarjahres beziehen.

Es erübrigt hier noch, die vornehmste Pflicht zu erfüllen, die der Dankesbezeugung. Vor allem danke ich dem Kgl. Preuss. Meteorologischen Institut für die liebenswürdige Zuwendung der älteren Jahrgänge meteorologischer Beobachtungen an die hiesige Station und dessen Direktor dem Herrn Geh. Regierungsrath Prof. Dr. von Bezold, dem ich die Anregung zu der nachstehenden Untersuchung verdanke, für die vielseitige Unterstützung, die er mir während der Arbeit zu Theil werden liess. Weiter bin ich zu grossem Danke verpflichtet der Direktion der Kaiserl. Deutschen Seewarte, ganz besonders aber dem Wirkl. Geh. Admiralitätsrath Herrn Prof. Dr. Neumayer, einerseits für die zuvorkommend lange Ueberlassung des gesamten synoptischen Kartenmaterials der Jahre 1880—90, das zum Zwecke späterer Untersuchungen bis zum Jahre 1892 der Station Aachen durch Verwendung des Direktors der Seewarte, Herrn Geh. Rath Prof. Dr. Neumayer, kürzlich als Geschenk überwiesen wurde, andererseits aber auch für die Aufnahme der Arbeit in's Archiv der Kaiserl. Deutschen Seewarte. Ferner gereicht es mir noch zur hohen Freude, dem Centralbureau für Meteorologie und Hydrographie in Baden und dessen Meteorologen Herrn Prof. Dr. Schultheiss für die bereitwillige Uebersendung der Ergebnisse der badischen Beobachtungen, dem Observatoire Royal de Belgique und dessen Directeur de Service météorologique de l'observatoire Herrn A. Lancaster für die zuvorkommende Ueberlassung der belgischen Wetterberichte auch hier den aufrichtigsten Dank aussprechen zu können. Nicht minder fühle ich mich zu grösstem Danke verbunden dem Herrn Prof. Dr. Riggenbach in Basel für die bei Gelegenheit der Prüfung der Arbeit als Dissertation gegebenen mannigfaltigen Anregungen, sowie dem Herrn Prof. Dr. Köppen in Hamburg für die noch in jüngster Zeit ertheilten schätzenswerthen Rathschläge.

Ferner erlaube ich mir für Zuwendung von Material und sonstigen handschriftlichen Ergänzungen, wie Unterstützungen meinen verbindlichsten Dank auszusprechen den Herren:

Dr. Åkerblom, Upsala.
Prof. Dr. van Bebber, Hamburg.
Hofrath Prof. Dr. Hann, Graz.
Prof. Dr. Hildebrandsson, Upsala.
Dr. Kassner, Berlin.
Prof. Dr. Krankenhagen, Stettin.
Prof. Dr. Mohn, Christiania.
Prof. Dr. Spindler, Petersburg.
Prof. Dr. Wiener, Giessen.

Aachen, im Februar 1899. ***P. Polis.***

Digitized by Google

Digitized by Google

Inhaltsverzeichniss.

Text.

Einleitung. Seite

I. Theoretisches ... 1
II. Geschichtliches ... 3
III. Material und Methode ... 6
1) Material ... 6
2) Quellen und Litteratur ... 6
3) Stationsbeschreibungen ... 7
4) Methode ... 8
IV. Vertheilung der Häufigkeit der wirklich berücksichtigten Fälle ... 10

I. Theil:

Vertheilung der Ablenkungswinkel und Windstärken bei verschiedenen Luftdruckstufen.

I. Vertheilung der Fälle bei verschiedenen Gradientenrichtungen in den einzelnen Zonen ... 10
1) Für die beiden Halbjahre ... 10
2) Für die einzelnen Monate ... 11
II. Windrichtung und Ablenkungswinkel ... 12
1) Mittelwerthe a) Windrichtung. b) Ablenkungswinkel bei den verschiedenen Gradientenrichtungen. Bewegung der Luft an der Erdoberfläche. Bewegung der Luft in mittleren Höhen. c) Verhalten der mittleren Ablenkungswinkel ... 12
2) Prüfung der Resultate durch Scheitelwerthe. a) Häufigkeit des Vorkommens von gewissen Winkelgrössen. b) Scheitelwerthe ... 17
III. Windstärke ... 19
1) Windstärke bei verschiedenen Gradientenrichtungen ... 19
2) Windstärke und Luftdruck ... 20
IV. Mechanische Theorie der Cyklonen und Anticyklonen ... 21
1) Theoretische Erörterungen der Fortpflanzung der Cyklonen. Fortbewegung und Höhe der Cyklonen; Ein- und Ausströmen. Verhalten der Scheitelwerthe. Temperatur und Luftdruckvertheilung ... 21
2) Prüfung der Theorie ... 24
3) Weitere Einwendungen gegen die thermische Fortpflanzung der Cyklonen ... 25
4) Ursache der Aequatorial- und Polartendenz der Cyklonen; Fortpflanzung der Maxima ... 26

II. Theil:

Vertheilung der Ablenkungswinkel und Windstärken bei verschiedenen Entfernungen vom Centrum der Luftdrucksysteme.

I. Entfernungen der Stationen bei verschiedenen Gradientenrichtungen vom Centrum der Cyklonen und Anticyklonen ... 26
II. Cyklonen ... 28
1) Vertheilung der Fälle bei den verschiedenen Gradientenrichtungen für die einzelnen Entfernungen ... 28
2) Ablenkungswinkel; Strömung der Luft in den Cyklonen. a) Zone der grössten und kleinsten Winkel. b) Bewegung der Luft in den Land- und Küstencyklonen. c) Bewegung der Luft in mittleren Höhen (Schneekoppe). d) Konstitution der Cyklonen nach den Messungen an der Erdoberfläche und in mittleren Höhen. e) Ablenkungswinkel auf 4 Quadranten reduzirt. f) Strömungsverhältnisse in den Cyklonen und Niederschlag ... 28
3) Windstärke ... 31
III. Anticyklonen ... 32
1) Vertheilung der Fälle bei den verschiedenen Gradientenrichtungen für die einzelnen Entfernungen ... 32
2) Ablenkungswinkel. Strömung der Luft in den Anticyklonen. a) Zone der grössten und kleinsten Winkel. b) Bewegung der Luft in den Anticyklonen ... 32
3) Windstärke ... 34

Anhang:

Bestimmung des Reibungskoeffizienten k ... 35
Litteratur ... 36

Digitized by Google

Tabellen.

I. Theil:

Vertheilung der Ablenkungswinkel und Windstärken bei verschiedenen Luftdruckstufen. Seite

Stationen und Beobachtungsjahre: Furnes 1886—90, Aachen 1880—90 (mit Ausschluss des Polarjahres), Karlsruhe 1887—90, Höchenschwand 1887—90, Breslau 1886—90, Schneekoppe 1886—90.

Tabelle 1. Häufigkeit der einzelnen Gradienten-Richtungen im Winter- und Sommerhalbjahre. Cyklonen und Anticyklonen I

Tabelle 2. Vertheilung der Fälle auf die einzelnen Monate. Cyklonen und Anticyklonen. ... III

Tabelle 3. Mittlere Windrichtung im Winter- u. Sommerhalbjahre. Cyklonen u. Anticyklonen V

Tabelle 4. Mittlere Ablenkungswinkel im Winter- und Sommerhalbjahre für die Cyklonen und Anticyklonen ... VII

Tabelle 5. Mittlere Ablenkungswinkel. Jahreswerthe ... IX

Tabelle 6. Häufigkeit der verschiedenen Winkelgrössen. a) Anticyklonen ... IX
b) Cyklonen ... X

Tabelle 7. Scheitelwerthe ... X

Tabelle 8. Windstärke im Winter- und Sommerhalbjahre für die Cyklonen und Anticyklonen XI

Tabelle 9. Fortpflanzungsrichtung der Cyklonen ... XIII, XIV

II. Theil:

Vertheilung der Ablenkungswinkel und Windstärken bei verschiedenen Entfernungen vom Centrum der Luftdrucksysteme.

Stationen und Beobachtungsjahre: Furnes 1886—90, Breslau 1886—90, Schneekoppe 1886—90.

Tabelle 10. Entfernungen der Stationen Furnes und Breslau vom Centrum der Cyklonen und Anticyklonen ... XIV

I. Cyklonen.

Tabelle 11. Vertheilung der Fälle nach dem jeweiligen Abstande vom Centrum im Winter, Sommer und Jahr ... XV

Tabelle 12. Vertheilung der Fälle nach dem jeweiligen Abstande in den einzelnen Zonen. Winter und Sommer ... XVII

Tabelle 13. Mittlere Ablenkungswinkel im Winter, Sommer und Jahr (rohe und ausgeglichene Werthe ... XVII

Tabelle 14. Mittlere Ablenkungswinkel in den 4 Quadranten im Winter und Sommer ... XIX

Tabelle 15. Mittlere Windstärke im Winter, Sommer und Jahr (rohe u. ausgeglichene Werthe) XIX

II. Anticyklonen.

Tabelle 16. Vertheilung der Fälle nach dem jeweiligen Abstande vom Centrum im Winter, Sommer und Jahr ... XXI

Tabelle 17. Mittlere Ablenkungswinkel im Winter, Sommer und Jahr ... XXIII

Tabelle 18. Mittlere Ablenkungswinkel. Ausgeglichene Jahreswerthe ... XXV

Tabelle 19. Mittlere Windstärke im Winter, Sommer und Jahr ... XXVI

Tabelle 20. Mittlere Windstärke. Ausgeglichene Jahreswerthe ... XXVIII

Anhang.

Zusammenstellung von mittleren Ablenkungswinkeln und Reibungskoeffizienten.

Tabelle 21. Mittlere Ablenkungswinkel und Reibungskoeffizienten von Furnes, Aachen, Karlsruhe, Höchenschwand, Breslau, Schneekoppe im Winter, Sommer und Jahr XXIX

Tabelle 22. Mittlere Ablenkungswinkel u. Reibungskoeffizienten von 14 europäischen Stationen. Jahreswerthe ... XXIX

Digitized by Google

No. 2.

Die Strömungen der Luft in den barometrischen Minima und Maxima,

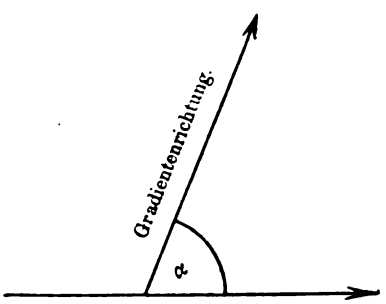
ein Beitrag zur Theorie der Cyklonen und Anticyklonen.

Von Dr. **P. Polis**, Aachen.

Einleitung.

I. Theoretisches.

Eine Menge von Untersuchungen über die Bewegung der Luft in den barometrischen Minima und Maxima ist bereits von den verschiedensten Forschern angestellt worden; vor allem kam es bei derartigen Betrachtungen darauf an, das Verhalten des sogen. Ablenkungswinkels in den einzelnen Quadranten der Cyklonen und Anticyklonen näher zu studiren, um auf diese Weise das aus theoretischen Gründen aufgestellte barische Windgesetz[1]) mit der Erfahrung in Einklang zu bringen.



Die Ursache der Bewegung der Luftmassen ist die Verschiedenheit des in ein und demselben Niveau gemessenen oder auf gleiches Niveau reduzirten Luftdrucks; diese wird ihrerseits wieder durch Temperaturdifferenzen in der Atmosphäre hervorgerufen; sie sind also die treibenden Kräfte, welche ein Lufttheilchen in der Richtung von dem höheren Drucke nach dem niedern — Gradientenrichtung — hinbewegen. Jedoch erfolgt diese Bewegung nicht in der Richtung der Resultirenden der durch die Vertheilung des Luftdrucks in den umgebenden Luftmassen gelieferten Kräfte, sondern sie weicht um einen Winkel α — Ablenkungswinkel — von derselben ab.

Die äusseren Kräfte, die auf ein Lufttheilchen beschleunigend oder verzögernd einwirken können, sind nach Ekholm's Darstellung[2]) folgende:

1) Die Centrifugalkraft ψ_s der Erde in dem Punkt, wo das Theilchen sich eben befindet; es ist $\psi_s = \omega^2 r \cos\varphi$; sie schneidet die Erdaxe senkrecht und wirkt nach aussen.

2) Die ablenkende Kraft ψ der Erdrotation, der Grösse nach gleich $2\omega v \sin\varphi$, der Richtung nach parallel der Aequatorebene und senkrecht auf der Bahn, dem Sinne nach entgegengesetzt. Es bezeichnen ω die Winkelgeschwindigkeit und r den Radius der Erde, φ die geographische Breite und die Neigung der Bahn gegen die Erdaxe.

3) Die absoluten äusseren Kräfte, wie absolute Schwere, Druckkräfte T_n und T_t, und die aus der Bewegung der Luftmassen entspringende Centrifugalbeschleunigung und Reibung.

Was zunächst die Centrifugalkraft ψ_s anbelangt, so ist die horizontale Komponente derselben ohne Einfluss, indem die Meeresoberfläche, auf welche man den Luftdruck reduzirt, eine Niveaufläche vorstellt, da ja die einst flüssige Erdmasse unter der Einwirkung derselben die Gestalt eines an den Polen abgeplatteten Sphäroides angenommen hat, dessen Oberfläche auf der scheinbaren Schwere senkrecht steht.

Digitized by Google

Die ablenkende Kraft der Erdrotation ist an den Erdpolen $= 2\omega v$, am Nordpol nach rechts, am Südpol nach links gerichtet, auch erfährt daselbst ein Lufttheilchen keine vertikale Ablenkung; bei vertikaler Strömung ist absolut keine Ablenkung vorhanden. In der Nähe des Aequators ist für Nord—Südwinde die Ablenkung gleich Null, indem ihre Bahn senkrecht auf der Aequatorebene steht; für Ost—Westwinde hingegen ist die Kraft der Aequatorebene parallel $\psi = 2\omega v$ und zwar bei Westwinden vertikal nach oben, bei Ostwinden nach unten gerichtet.

Es folgt aus dieser Betrachtung ohne weiteres, dass der Ablenkungswinkel eine Funktion der geographischen Breite ist und von den Polen bis zum Aequator kleiner und kleiner wird, ferner auf der nördlichen Hemisphäre bei aufwärts gerichteter Strömung die Ablenkung der Nordwinde im allgemeinen nach rechts grösser und der Südwinde kleiner ist, als bei horizontaler Bewegung. Das Umgekehrte tritt bei abwärts gehenden Strömungen ein. Allerdings nur beides bis zu einer gewissen Grenze, nämlich sobald die Neigung der Strömung gleich der geographischen Breite ist, werden beide Luftbewegungen nicht abgelenkt.

Betrachten wir schliesslich die äusseren Kräfte, die auf ein Lufttheilchen einwirken, so geben sie den ersten Anstoss zur Bewegung der Luftmassen überhaupt, denn je grösser die Druckunterschiede (also der Gradient), um so schneller die Bewegung der Luft und des kleinern Krümmungsradius wegen auch die Centrifugalbeschleunigung. Letztere wird daher wachsen mit zunehmender Tiefe der Cyklonen; ferner spielt die Bewegungsänderung für die Grösse des Ablenkungswinkels eine Hauptrolle, so ist nach Köppen[3]) eine Bewegung gegen den Gradienten im allgemeinen nur dann möglich, wenn ein Luftstrom aus stärkeren in schwächere Gradienten tritt. Umgekehrt arbeiten bei anticyklonalen Bewegungen Centrifugalbeschleunigung und Erdrotation einander entgegen, wodurch in diesen Luftdruckgebilden die Luftströmungen sich mehr der Gradientenrichtung nähern.

Weiter kommen noch die Reibungswiderstände der Luft selbst und die orographischen Hindernisse an der Erdoberfläche in Betracht; letztere sind am grössten über dem Lande, am geringsten über dem Meere und über dem Berglande, während sie in der freien Atmosphäre nach den Untersuchungen des Herrn von Helmholtz[4]) ausserordentlich klein sind. In Folge dessen werden wir über dem Meere, an den Küsten und auf Bergen weit grössere Ablenkungswinkel antreffen, als über dem niederen Inlande.

Guldberg und Mohn[5]) haben nun unter Berücksichtigung der obenerwähnten Kräfte die Bewegungsgesetze für horizontale Luftströmungen abgeleitet. Die von Guldberg und Mohn entwickelten Grundgleichungen lauten wie folgt. Sei

α der Ablenkungswinkel,
v die Windgeschwindigkeit,
ω die Winkelgeschwindigkeit der Erdrotation,
φ die geographische Breite,
G der Gradient,
R der Krümmungsradius der Bahn,
k der Reibungskoeffizient,
μ eine Konstante,
ϱ die Dichtigkeit der Luft bei g_{45},
n die Geschwindigkeitsänderung des Luftstromes für die Einheit der zurückgelegten Strecke,

und setzen wir mit Köppen:[6])

$$2\omega \sin\varphi + \frac{v}{R} = A$$
$$k + n = B$$
$$\frac{\mu}{\varrho} \cdot G = F$$

so nehmen die Grundgleichungen folgende Form an:

$$(1) \quad \begin{cases} F \sin\alpha = A v & \text{(Centrifugalkräfte, nach links auf der N-Halbkugel)} \\ F \cos\alpha = B v & \text{(nach rückwärts gerichtete Kräfte)} \end{cases}$$

und folglich für horizontale Bewegungen von beliebiger Krümmung und Beschleunigung:

$$(2) \quad \operatorname{tang}\alpha = \frac{A}{B}$$

Digitized by Google

und

$$(3) \quad v = \frac{\Gamma}{\sqrt{A^2 + B^2}}$$

Nimmt man an, dass wir es in der Natur im allgemeinen ebensowohl mit anticyklonal wie cyklonal gekrümmten, mit beschleunigten wie verzögerten Bewegungen zu thun haben, so werden im Mittel einer Anzahl von Fällen die Beziehungen zwischen Luftdruck und Luftbewegung annähernd denjenigen nahekommen, die für geradlinige und gleichförmige Bewegungen Gültigkeit haben.*) Dann erhalten die obigen Formeln folgenden Inhalt:

$$(4) \quad \begin{cases} \frac{\mu}{\varrho} \cdot G \sin \alpha = 2 \omega \sin \varphi \cdot v \\ \frac{\mu}{\varrho} \cdot G \cos \alpha = k \cdot v \end{cases}$$

und durch Division:

$$(5) \quad tg\, \alpha = \frac{2 \omega \sin \varphi}{k}$$

Prüfungen dieses Gesetzes hat u. a. schon Herr Mohn[7]) vorgenommen, ebenfalls Herr Sprung[8]) und Herr Kassner.[9])

II. Geschichtliches.

Bereits in den 70er Jahren beschäftigte sich mit derartigen Untersuchungen Clement Ley,[10]) der zu dem Schlusse gelangte: „Der Ablenkungswinkel ist kleiner an den Inlandsstationen (in Folge der Reibung) als an den frei gelegenen Küstenstationen".[11]) Später hat er nur kreisförmige[12]) Cyklonen in Betracht gezogen und daraus den Satz abgeleitet: „Auf der Rückseite der Cyklonen weht die Luft nahezu parallel den Isobaren — grösste Ablenkungswinkel — während sie auf der Vorderseite ein weit grösseres Einströmen zeigt — kleinste Ablenkungswinkel."

Im Gegensatze dazu fand Loomis[13]) für die östlichen Vereinigten Staaten die grössten Winkel bei nach N und W gerichteten Gradienten; jedoch scheint bei diesen Untersuchungen die Windrichtung[14]) nicht auf die Gradientenrichtung, sondern auf den Radiusvektor bezogen zu sein, was bei elliptischen Cyklonen zu anderen Resultaten führen muss. Wir werden später sehen, dass sich das abweichende Verhalten der grössten bezw. kleinsten Ablenkungswinkel zwischen Vorder- und Rückseite durch die verschiedenartige Reibung erklären lässt, indem die von der See herstammenden Winde die geringste Reibung erfahren und damit je nach der Lage des Meeres zum Kontinente die verschiedenen Grössen der Ablenkungswinkel bedingen.

Weitere Betrachtungen über das Verhalten des Ablenkungswinkels wurde von Brown[15]) für Greenwich, Dublin und Makerstown, sowie von Hoffmeyer[16]) für Dänemark angestellt, welche zu ähnlichen Resultaten wie Clement Ley kamen. Aus seinen Untersuchungen gelangte Hoffmeyer[17]) zu der Ansicht: „Kontinentalwinde folgen mehr der Richtung der Gradienten als der Richtung der Isobaren", was Spindler[18]) auch für die Anticyklonen bestätigt fand.

Einige dieser Forscher beschäftigten sich ebenfalls mit den Beziehungen von Gradient und Windstärke.

Während Loomis[19]) für die Vereinigten Staaten zu dem Resultate kam, dass die Gradientengrösse in wenig regelmässiger Weise mit der Windgeschwindigkeit wächst, wiesen Brown[20]) und Clement Ley[21]) Beziehungen dieser Elemente untereinander nach.

Auch Spindler[22]) weist ferner darauf hin, dass bei wachsenden Gradienten der Ablenkungswinkel sich vergrössert. Die Ursache dieses dürfte wohl in den grösseren Gradienten, der den tieferen Cyklonen eigen ist, zu suchen sein, denn hier ist je grösser der Gradient, je stärker die Krümmung, um so mehr wächst also die Centrifugalbeschleunigung, die ja aus theoretischen Gründen ein Wachsen des Ablenkungswinkels bedingt.

*) Allerdings überwiegt an der Erdoberfläche die Verzögerung, weil die Luftmassen theilweise aus der freien Atmosphäre herabgestiegen und hier unter stärkere Reibung gelangt sind. Der Durchschnittszustand ist also an der Erdoberfläche nicht der der gleichförmigen, sondern der der abnehmenden Geschwindigkeit, worauf mich bei Gelegenheit einer Besprechung der Arbeit Herr Prof. Dr. Köppen aufmerksam machte. Das Umgekehrte gilt, jedoch in viel schwächerem Grade, für die höheren Schichten.

Digitized by Google

In Uebereinstimmung mit den Untersuchungen von Sprung[23]) für die deutschen Küstenstationen zieht auch Clement Ley[24]) aus seinen Werthen den Schluss, dass die mittlere Geschwindigkeit, welche einem bestimmten mittleren Gradienten entspricht, im Sommer bedeutend grösser als im Winter ist. Ebenfalls fand er die Intensität der nördlichen und östlichen Winde bei gleichen Gradienten wesentlich grösser als die der westlichen und südlichen.

Während die älteren Arbeiten, mit Ausnahme der von Clement Ley,[25]) sich nur auf die Gesammtfälle der bei den einzelnen Gradientenrichtungen festgestellten Ablenkungswinkel und Windstärken beziehen, unterschied Hildebrandsson[26]) 5 Zonen in den Minima und Maxima, sodass jede Zone nach den 8 Gradientenrichtungen in 8 Regionen eingetheilt wurde. In gleicher Weise wie Hildebrandsson das Verhalten des Ablenkungswinkels und auch anderer meteorologischer Elemente für die Stationen Upsala, Wäderöbod im Kattegat, Utklippan und Sandön studirte, verfuhr Krankenhagen[27]) für Swinemünde. Nach derselben Methode untersuchte Åkerblom[28]) für Thorshavn und Wien, Doerry[29]) für Magdeburg die Beziehungen der Luftströmungen, wie auch der Temperatur, des Niederschlags etc. in den einzelnen Theilen der Cyklonen und Anticyklonen. Als Material dienten die Hoffmeyer'schen und die schwedischen Karten, den späteren Untersuchungen die sogenannten synoptischen Karten der Deutschen Seewarte und des Dänischen meteorologischen Instituts.

Ausserdem haben früher Clement Ley[30]) und Brown,[31]) später Richter,[32]) Hildebrandsson,[33]) Vettin[34]) und Åkerblom[35]) die Zugrichtung der unteren und oberen Wolken bei den verschiedenen Gradientenrichtungen bestimmt, um auf diese Weise Aufschlüsse über das Einströmen beim Maximum und das Ausströmen beim Minimum in einer gewissen Höhe zu erhalten.

Auf die Vertheilung anderer meteorologischer Elemente, wie Temperatur, Niederschlag, Gewitter etc., welche von einigen Forschern ebenfalls diskutirt wurden, brauchen wir bei dieser Gelegenheit nicht näher einzugehen.

Aus allen diesen Untersuchungen gelangt man zu folgenden Sätzen, die in dem Lehrbuche der Meteorologie von van Bebber,[36]) pag. 291 u. 292, zusammengestellt sind, und die wir der Uebersicht halber zuerst voranschicken wollen.

„1) Der Winkel, welchen die Windrichtung mit dem Gradienten bildet, ist auf dem Meere grösser als auf dem Lande, grösser in der wärmeren Jahreszeit als in der kälteren, grösser in den Cyklonen als in den Anticyklonen, grösser auf der Rückseite und kleiner auf der Vorderseite der Cyklonen (letzteres umgekehrt in den östlichen Vereinigten Staaten).

2) Der Wind ist in allen Theilen der Cyklone nach Innen hin gerichtet, und daher nähert sich im allgemeinen die Windbahn einer logarithmischen Spirale.

3) Die Windstärke nimmt im allgemeinen zu mit dem Gradienten, sie ist am kleinsten im Centrum der Cyklone sowohl als der Anticyklone und in der Region zwischen zwei Depressionen, vom Innern des Maximums nimmt sie nach Maassgabe der Abnahme des Luftdrucks beständig zu und erreicht ein Maximum in der Nähe des Centrums der Cyklone.

4) Die mittlere Windgeschwindigkeit für denselben Gradienten ist im Sommer merklich grösser als im Winter.

5) Bei demselben Gradienten haben die nördlichen und östlichen Winde die grössere Intensität.

6) Die unteren Wolken ziehen in den allermeisten Fällen aus einem Punkt des Horizontes, der rechts vom Unterwinde liegt und zwar steht ihre mittlere Richtung fast senkrecht zum Gradienten oder ist nahezu parallel zur Tangente der Isobare.

7) Auf der Vorderseite der Cyklone ist der Winkel des Zuges der unteren Wolken mit dem Gradienten etwas grösser als 90°, so dass sich in dieser Region die Luft von der Cyklone nach dem Maximum entfernt.

8) Die Cirruswolken ziehen fast stets rechts sowohl von der Richtung des Unterwindes als von derjenigen des unteren Wolkenzuges.

9) In der Region der Cirruswolken bewegt sich die Luft über der Cyklone nach dem Maximum, und zwar ist das Ausströmen am schwächsten in der Umgebung des centralen Raumes, und nimmt von dort an nach aussen hin zu.

Digitized by Google

10) Die mittlere Richtung der Cirrusbewegung bildet mit den Isobaren fast denselben Winkel nach aussen, wie der Unterwind nach innen. Nahezu dürfte die Richtung der Isobaren die mittlere Strömungsrichtung der Gesammtluftmassen darstellen.

11) An der Rückseite einer Cyklone haben die Cirruswolken in Europa nahezu gleiche Richtung mit den unteren Wolken und dem Unterwind.

12) Auf der Vorderseite einer Cyklone findet das grösste Einströmen an der Erdoberfläche, dagegen das grösste Abströmen in der Höhe statt.

13) Es ist anzunehmen, dass die Südostwinde auf der Vorderseite einer Cyklone kaum die halbe Höhe von derjenigen der Nordwestwinde auf der Rückseite erreichen."

„14) Die Höhe der vertikalen Axe eines Wirbels ist verschieden; sie ist in Schweden grösser als in England. (Åkerblom.)"

Die Bestimmung der mittleren Ablenkungswinkel bei den früheren Arbeiten geschah durch Abziehen der mittleren Windrichtung in den betreffenden Oktanten von der Gradientenrichtung, was den thatsächlichen Verhältnissen nicht ganz entsprechen dürfte, da nur bei kreisförmigen Cyklonen und Anticyklonen, die in der Natur seltener vorkommen, diese Winkelwerthe gleich den Ablenkungswinkeln sind.

Es dürfte daher eine solche Methode bei dem oft sehr ungleichmässigen Verlaufe der Isobaren zu etwas modifizirten Resultaten geführt haben.

Ferner gewähren diese Arbeiten kein Urtheil über die Grösse des Ablenkungswinkels in gewissen Entfernungen vom Centrum, da nur auf die Tiefe bezw. Höhe der Luftdrucksysteme Rücksicht genommen, nicht aber zugleich die Entfernungen vom Centrum des Minimums oder Maximums gemessen wurde. Auf diese Einwendungen werden wir noch weiter unten zurückkommen.

Es erübrigt jetzt noch. einige kurze Bemerkungen über die Arbeit von Kassner[37]) folgen zu lassen, welche sich allerdings auf gewisse typische Fälle, sogen. „kreisähnliche Cyklonen" beschränkt, d. h. solche, deren Axenverhältniss im Maximum bis 3 : 2 beträgt.

In dieser Arbeit bespricht Herr Kassner zunächst die Vertheilung und Häufigkeit der untersuchten Cyklonen; es folgt hierauf eine spezielle Betrachtung über Gradient. Windrichtung und Stärke, Ablenkungswinkel und Bewölkung in ihren Beziehungen zu einander. Sämmtliche, in jener Untersuchung verwertheten Ablenkungswinkel, beruhen auf direkten Messungen; ebenfalls sind auch die Abstände vom centralen Raum berücksichtigt und in km ausgedrückt.

Uns interessirt besonders, dass mit abnehmenden Gradienten — also auch mit abnehmender Windstärke — der Ablenkungswinkel wächst, sowie ferner der Satz, wonach die Ablenkungswinkel auf der Vorderseite der Cyklonen kleiner seien, als an der Rückseite, für kreisähnliche Cyklonen nicht streng gültig ist. Was die Vertheilung der Windstärke anbelangt, so tritt das Maximum derselben bei den Landcyklonen an der Rückseite, bei den Küstencyklonen hingegen an der Vorderseite auf.

Die vorhergehenden Darstellungen dürften zur Genüge klar gelegt haben, wie wichtig derartige Untersuchungen für unsere Vorstellungen über die ganze Konstitution der Cyklonen und Anticyklonen sind. Vor allen gewähren eingehende Studien über die Grössenverhältnisse der Ablenkungswinkel, einerseits bei den verschiedenen Lagen der Minima und Maxima, andererseits auch in verschiedenen Höhen angestellt, Aufschlüsse über das Auf- und Absteigen der Luftmassen, über die Veränderung derselben, welche sie bei der horizontalen Bewegung um das Windsystem erleiden, als auch über die Umkehr der centripetalen Bewegungen mit der Höhe in centrifugale oder umgekehrt.

So sind nach den Untersuchungen des Herrn v. Bezold[38]) aufsteigende Ströme in den Cyklonen nur so lange vorhanden, als die Grösse des Ablenkungswinkels 90° nicht überschreitet. Eine Ausnahme hiervon bilden ganz kleine Theildepressionen, die nur scheinbar die grossen Winkel bedingen.

Es schien daher lohnend, derartige Betrachtungen noch für eine Reihe der verschiedenst gelegenen Stationen vorzunehmen, um die einzelnen Ursachen, welche modifizirend auf die Grösse des Ablenkungswinkels wirken, näher zu studiren.

Ferner soll die vorliegende Arbeit, deren Anregung ich Herrn Geheimrath v. Bezold verdanke, ein neuer Beitrag zu den bereits aufgezählten früheren Untersuchungen liefern, so dass einmal von ihr eine weitere Ergänzung der mittleren Ablenkungswinkel[39]), der Windgeschwindigkeit, ihrer Veränderung in den

Digitized by Google

einzelnen Zonen der Minima und Maxima und der Reibungskoeffizienten der Luft für die zu untersuchenden Stationen zu erwarten sind; endlich soll, so weit es im Rahmen dieser Betrachtungen möglich ist, eine Prüfung des barischen Windgesetzes und der v. Bezold'schen Theorie vorgenommen werden.

III. Material und Methode.

1) Material.

Als synoptisches Material für diese Arbeit dienten die von dem Dänischen meteorologischen Institut und der Deutschen Seewarte nachträglich herausgegebenen „Tägliche synoptische Wetterkarten für den nordatlantischen Ozean und die anliegenden Theile der Kontinente" vom 1. Dezember 1880 bis 30. November 1890, mit Ausschluss des sogenannten Polarjahres vom 1. September 1882 bis 31. August 1883, welche in liebenswürdigster Weise mir von Seiten der Direktion der Deutschen Seewarte für jenen Zweck überlassen wurde.

Da meines Wissens ausser den von Loomis[10]) für den Mount Washington angestellten Betrachtungen bei Gebirgsstationen das Verhalten des Ablenkungswinkels etc. noch nicht näher studirt wurde, auch Hildebrandsson[11]) auf die grosse Wichtigkeit derartiger Untersuchungen hinweist, schien es angezeigt zu sein, mehrere Gebirgsstationen mit in den Kreis unserer Arbeit hineinzuziehen. Leider war die Auswahl dieser Stationen klein und das mir zur Verfügung stehende Material nur ein beschränktes, da an dieses die doppelte Anforderung gestellt werden musste, nämlich Beobachtungen aus der Zeit 1880—90, um die nachträglich herausgegebenen synoptischen Karten benutzen zu können, sowie den barometrischen Depressionen möglichst nahe gelegene Gebirgsstationen. Der für solche Untersuchungen ausserordentlich geeignete, in der norddeutschen Tiefebene weit vorgeschobene Brockengipfel wies für jene Zeit bedauerlicher Weise keine Beobachtungen auf; ich entschloss mich daher, für die Schneekoppe im schlesischen Riesengebirge und Höchenschwand im badischen Schwarzwalde solche Betrachtungen vorzunehmen. Als vergleichende Land- bezw. Küstenstationen wurden hinzugezogen die Orte Breslau, Karlsruhe, Aachen und Furnes an der belgischen Küste.

2) Quellen und Litteratur.*)

Ueber die Entnahme des statistischen Materials (*A*), Angabe der verschiedenen Beobachtungsreihen, Höhe über dem Meeresspiegel und der geographischen Koordinaten λ und φ der einzelnen Stationen, sowie sonstiger Quellen und Litteratur (*B*) möge nachfolgende kleine Zusammenstellung Aufschluss geben.

A. 1) **Furnes**, an der belgischen Küste. $H = 5$ m, φ 51° 5′, λ 2° 40′ E. 1886 bis November 1890. Quellen: Observatoire royal de Bruxelles, bulletin météorologique 1886—90.

2) **Aachen.** $H = 177$ m, φ 50° 47′, λ 6° 5′ E. 1880—90 November mit Ausschluss des Polarjahres. Quellen: 1880—85, Originalbeobachtungen von Prof. Dr. Sieberger; 1886—90, Kgl. Preuss. Meteorologisches Institut, Ergebnisse der Beobachtungen.

3) **Karlsruhe.** $H = 124$ m, φ 49° 1′, λ 6° 34′ E.

4) **Höchenschwand.** $H = 1010$ m, φ 47° 44′, λ 6° 33′ E. 1887 bis November 1890. Quellen: für 3) und 4) Deutsches Meteor. Jahrbuch für Baden, „Ergebnisse der badischen Beobachtungen 1887—90."

5) **Breslau.** $H = 147$ m, φ 51° 7′, λ 17° 2′ E. 1886 bis November 1890.

6) **Schneekoppe.** $H = 1603$ m, φ 50° 44′, λ 15° 44′ E. 1886 bis November 1890. Quellen für 5) und 6): Kgl. Preuss. Meteorologisches Institut, „Ergebnisse 1886—90."

B. 1) Åkerblom: „Sur la distribution à Vienne et à Thorshavn des éléments météorologiques autour des minima et des maxima barométriques." Stockholm 1895.

2) van Bebber: „Handbuch der ausübenden Witterungskunde." Stuttgart 1886.

3) van Bebber: „Lehrbuch der Meteorologie." Stuttgart 1890.

4) v. Bezold: „Zur Theorie der Cyklonen", Sitzungsberichte der Kgl. Preuss. Akademie der Wissenschaften. Berlin 1890. Auch M. Z. 1891, pag. 241 ff.

*) In dieser Zusammenstellung sind nur die für unsere Untersuchung wichtigsten Arbeiten aufgeführt. M. Z. bedeutet die „Meteorologische Zeitschrift", O. Z. die „Zeitschrift der Oesterr. Gesellschaft für Meteorologie".

Digitized by Google

5) Clement Ley: „Results of an Inquiry into mean Inclination of Winds towards the lower Isobarics," Journ. of Scotl. Met. for July 1872. O. Z. XI, 1874.

6) Clement Ley: „The Relation between the Upper and Under Currents of the Atmosphere around areas of barometric Depressions." Quart. Journ. of the Met. Society, 1877. O. Z., XIII, 1878, pag. 278 ff.

7) Davis: „Elementary meteorology." Boston 1894.

8) Doerry: „Ueber den Einfluss der barometrischen Minima und Maxima auf das Wetter in Magdeburg." Inaugural-Dissertation. Halle 1889.

9) Ekholm: „Ueber die ablenkende Kraft der Erdrotation auf die Luftbewegung." M. Z. 1888, pag. 137—143, 169—189.

10) Guldberg und Mohn: „Études sur les mouvements de l'atmosphère I—II." Christiania 1876, 1880.

11) Guldberg u. Mohn: „Die Bewegung der Luft in aufsteigenden Wirbeln." O. Z. 1877, pag. 257—268.

12) Hann: „Studien über die Luftdruck- und Temperaturverhältnisse auf dem Sonnblickgipfel, nebst Bemerkungen über deren Bedeutung für die Theorie der Cyklonen und Anticyklonen." Sitzungsberichte der K. K. Akademie der Wissenschaften in Wien 1891.

13) Hildebrandsson: Sur la distribution des élements météorologiques autour des minima et des maxima barométriques". Upsala 1883.

14) Hoffmeyer: „Die Vertheilung des Luftdruckes über dem nordatlantischen Ozean während des Winters und deren Einfluss auf das Klima von Europa." O. Z. 1878, pag. 338 ff.

15) Kassner: „Ueber kreisähnliche Cyklonen." Inaugural-Dissertation. Berlin 1883.

16) Köppen: „Ueber die mechanischen Ursachen der Fortpflanzung atmosphärischer Wirbel." O. Z. 1880, pag. 41—53.

17) Köppen: „Der Fortpflanzungsgradient der Cyklonen." M. Z. 1895, pag. 223—224.

18) Köppen: „Ueber den Zufluss und Abfluss der Luft in den Cyklonen und Anticyklonen." M. Z. 1898, pag. 161—168.

19) Krankenhagen: „Beitrag zum Studium der barometrischen Minima und Maxima." Programm des Realgymnasiums zu Stettin. 1885.

20) Loomis: Amer. Journ. of Sciences and Arts, VIII, July 1874. O. Z. 1874.

21) Loomis: „Mémoires de météorologie dynamique," en français par M. H. Brocard. Paris 1879.

22) Meyer: „Anleitung zur Bearbeitung meteorologischer Beobachtungen für die Klimatologie." Berlin 1891.

23) Spindler: „Die Abhängigkeit der Stärke und Richtung der Winde von der Grösse und Richtung der Gradienten an den Küsten des baltischen Meeres." Repert. für Meteorologie, VII. No. 5. Petersburg 1880.

24) Sprung: „Lehrbuch der Meteorologie." Hamburg 1885.

3) Stationsbeschreibungen.

Zur besseren Beurtheilung der später folgenden Ergebnisse seien noch einige Bemerkungen über die topographische und orographische Lage der verschiedenen Stationen vorausgeschickt, welche den einzelnen Institutsberichten direkt entlehnt wurden:

„Höchenschwand[42]) liegt am höchsten Punkt einer zwischen der Hauensteiner Alb und der zur Wutach fliessenden Schwarza sich ausbreitenden Hochfläche im südöstlichen Schwarzwald, welche nach Süden gegen das 13 km entfernte, 700 m tiefer gelegene Rheinthal sanft abfällt. Die Beobachtungen der Windrichtung*) werden an einem hohen Maste, welcher in der Nähe des Schulhauses errichtet ist, angestellt."

*) Gelegentlich einer im Auftrage des Herrn Prof. Dr. Schultheiss vollzogenen Revision der Station Höchenschwand im Juni 1897 habe ich mich sowohl von der guten einwurfsfreien Aufstellung der Windfahne, als von einer lokalen Beeinflussung bei östlichen Winden, überzeugen können.

Digitized by Google

„Karlsruhe[43]) befindet sich in der Rheinebene ziemlich in der Mitte zwischen Rhein und den Schwarzwaldausläufern. Die Station liegt am Nordrande der Stadt in dem Westflügel der hufeisenförmig gebauten Technischen Hochschule, auf deren Dache die Windfahne angebracht ist."

Besonders gute und einwurfsfreie, nicht durch lokale Störungen getrübte Resultate, dürften von den Stationen Breslau und Schneekoppe zu erwarten sein.

„Breslau[44]) liegt im Centrum der schlesischen Ebene zu beiden Seiten der Oder," also fern von den die Luftströmungen ablenkenden Gebirgen. „Zur Ermittlung der Windrichtung dient eine grosse, recht empfindliche Windfahne, welche auf der obersten Spitze des Thurmes der Sternwarte, Dach wie Nachbargebäude weit überragend, angebracht ist."

„Die Schnee- oder Riesenkoppe[45]) überragt um ca. 300 m den von W nach E verlaufenden Kamm des Riesengebirges, dessen höchster Punkt sie ist, während der weit steilere Absturz gegen S und N 500 bis 600 m beträgt. Die Windfahne ist auf einem besonderen Mast errichtet, doch versagt dieselbe im Winter öfters in Folge von starken Rauhreifbildungen."

Im Gegensatze zu diesen freien Lagen dürfte das Aachener Material mehr oder weniger durch lokale Einflüsse getrübte Resultate ergeben.

Aachen[46]) liegt innerhalb eines hügeligen Terrains, welches modifizirend auf die Windverhältnisse wirken muss, auch werden die weiter entfernt gelegenen Ardennen, bezw. deren Ausläufer, eine Ablenkung der südlichen und südwestlichen Luftströmungen bedingen (s. w. u.). Die alte Station[47]) befand sich bis zum Jahre 1894 inmitten der Stadt; die Beobachtungen der Windrichtung wurden daselbst an einer „durchgehenden Windfahne" vorgenommen. Leider hatte der frühere Beobachter die Gepflogenheit, bei Schätzungen der Windstärke sehr viele „Kalmen" anzunehmen, was für unsere Untersuchung die nicht angenehme Veranlassung gab, so viele Beobachtungen ausschliessen zu müssen.

Furnes endlich ist unweit der belgischen Küste einige Meter über dem Meeresspiegel gelegen. Bei diesem Material muss man besonders den Schätzungen der Windstärke mit grossem Zweifel begegnen, da meist nur 1 und 2 der halben Beaufort-Skala notirt wurde und grössere Stärkegrade mit einigen Ausnahmen vollständig fehlen. Es spielt eben bei solchen Schätzungen die Subjektivität des Beobachters[48]) eine zu grosse Rolle, sodass die Windstärkeangaben der einzelnen Stationen untereinander nicht so ohne weiteres zu vergleichen sind.

4) Methode.

Aus den synoptischen Karten wurde zunächst festgestellt, ob die betreffende Station um 8^a eines jeden Tages im Gebiet einer Cyklone (C) oder Anticyklone (A) lag und zwar wurden mit Hildebrandsson, Krankenhagen etc. ausser der Tiefe bezw. Höhe dieser Luftdrucksysteme, deren Unterabtheilungen nachstehend angegeben sind, auch noch die 8 Gradientenrichtungen N, NE, E, SE etc. berücksichtigt. Fig. 1—2.

I. Cyklonen.	1)	C	Station im centralen Theil einer Cyklone.
	2)	C_1	» im Gebiet einer Cyklone unter 750 mm.
	3)	C_2	» » » » » 750—755 »
	4)	C_3	» » » » » über 755 »
II. Anticyklonen.	1)	A	» im centralen Theil einer Anticyklone.
	2)	A_1	» im Gebiet einer Anticyklone unter 765 mm.
	3)	A_2	» » » » » über 765 »

Weiter wurde eine Station ohne Rücksicht auf die jeweilige Höhe des Barometers doch zur Cyklone gehörig betrachtet, wenn die zugehörige Isobare nach der Seite des niedrigsten Luftdruckes konkav war, und umgekehrt bei Barometerständen unter 760 mm, wenn die betreffende Isobare nach der Seite des höchsten Luftdruckes hohl war, als zum Maximum gehörig angesehen. Ueberall ist die Untersuchung getrennt geführt, sowohl für die wärmere — April bis September — als für die kältere Jahreszeit — Oktober bis März.

Um eine möglichste Genauigkeit hinsichtlich der Ablenkungswinkel zu erzielen, wurde jede einzelne synoptische Karte mit den zu untersuchenden Stationen (Luftdrucksystem so weit als nöthig nebst Windpfeilen) auf Pauspapier durchgezeichnet, der betreffende Gradient senkrecht zu der zugehörigen Isobare gefällt und dann mittels Transporteurs der Winkel zwischen Gradientenrichtung und Luftströmung direkt

Digitized by Google

gemessen, wobei eine Genauigkeit von ca. 5° eingehalten wurde. Diese Methode des „Messens", welche allerdings, was hier nicht verhehlt werden soll, ausserordentlich zeitraubend ist, muss natürlich weit exaktere Resultate ergeben, als die Bestimmung des Ablenkungswinkels durch Abziehen der mittleren Windrichtung in dem betreffenden Oktanten von der Richtung des Gradienten, der mehrere Fehler wie folgt anhaften:

1) Können in den einzelnen Fällen die Windrichtungen oft mehr als 90° von einander abweichen und dann in Mitteln zusammengefasst, bei Anwendung der Lambert'schen Formel zu unrichtigen Winkelwerthen Veranlassung geben.

2) Beim Bestimmen der Gradientenrichtung (weil nur 8 Eintheilungen) ist ein Spielraum bis zu $22^1/_2°$ nach der einen wie nach der anderen Seite zugelassen; man erhält daher beim Abziehen der Richtung des Windes von der des Gradienten denselben Winkel, ob die Gradientenrichtung im negativen oder positiven Sinne von der Himmelsgegend abweicht, was bei der Messungsmethode nicht der Fall ist. Z. B.:

	Gradientenrichtung		Winkel	
Windrichtung	wirkliche	angenommene	abgezogen	gemessen
SW	N 0° W	N	45°	45°
SW	N 20° W	N	45°	65°
SW	N 20° E	N	45°	25°

Allerdings werden viele Fälle sich durch Abweichungen entgegengesetzter Art theilweise kompensiren. Wir wollen daher die mittlere Windrichtung für die untersuchten Stationen bei den einzelnen Gradientenrichtungen ebenfalls bestimmen, um auf diese Weise eine Vergleichung der beiden Methoden ausüben zu können.

Auch möchte ich schon angedeutet wissen, dass bei solchen Ausführungen die Mittelwerthe allein nicht zu allgemeinen Schlüssen berechtigen, da die Schwankungen in der Grösse des Ablenkungswinkels oft recht bedeutende und die Extreme vielfach an Beobachtungsfehler, Theildepressionen etc. gebunden sind. Es ist daher unerlässlich, neben den Mittelwerthen auch die am häufigsten vorkommenden Winkel — Scheitelwerthe — zu berücksichtigen, um dadurch über die allgemeine Konstitution der Cyklonen und Anticyklonen Aufschluss zu erlangen.

In dem ersten Theile der Arbeit wurde für jede Situation die Richtung und Stärke des Windes nebst dem zugehörigen gemessenen Ablenkungswinkel eingetragen und in Mittelwerthen zusammengefasst, sowie ausserdem für die Ablenkungswinkel die verschiedenen Scheitelwerthe ermittelt. In dem zweiten Theile sind für 3 Stationen die thatsächlichen Entfernungen in km vom Centrum des Windsystems zu Grunde gelegt und für diese die mittleren Ablenkungswinkel wie die Windstärke berechnet.

Der besseren Uebersicht halber wurden die Winkel über 180° von 360° abgezogen und wie allgemein üblich, mit negativen Zeichen versehen. Grössere negative Winkel wurden nicht weiter verarbeitet, da dieselben meistens auf die orographischen Verhältnisse oder Beobachtungsfehler (Versagen der Windfahne durch Frost und dergl.) zurückzuführen sind; ebenfalls musste noch eine Reihe von Fällen ausgeschlossen werden, wo der Verlauf der Isobaren ein zu unregelmässiger war und nicht den Kern des Minimums oder Maximums erkennen liess. Ferner konnten die Fälle, in denen Kalmen notirt waren, nicht berücksichtigt werden, was allerdings für die Station Aachen*) zu erheblich vielen Ausschliessungen Veranlassung gab. Hier tritt wiederum die Subjektivität des Beobachters hervor, da so viele Kalmen den thatsächlichen Verhältnissen nicht entsprechen dürften.

Als Maasseinheiten sind für den Luftdruck Millimeter, beim Wind acht Richtungen (Zwischenrichtungen wurden abwechselnd zu der einen und der andern der beobachteten Hauptrichtung gerechnet) und die zwölftheilige Beaufortskala, bei den Ablenkungswinkeln ganze Grade verwandt, die Abstände vom Centrum der Cyklonen und Anticyklonen sind in Kilometer ausgedrückt.

Bei der Anordnung des Stoffes ist noch folgendes zu beachten: Alle Maxima sind durch Fettdruck, die Minima durch Kursivdruck hervorgehoben; die Tabellen mit arabischen, die Tafeln jedoch mit römischen Zahlen fortlaufend bezeichnet. Der Ablenkungswinkel ist der Bequemlichkeit wegen meist mit α bezeichnet.

*) Seit Uebernahme und Umwandlung der Station in eine solche I. Ordnung im Jahre 1895 werden Kalmen fast nicht mehr notirt, da unter Zuhilfenahme von Rauch, selbst bei einer sehr schwachen Luftbewegung, von der Plattform der Station die Richtung leicht festgestellt werden kann.

Digitized by Google

IV. Vertheilung der Häufigkeit der wirklich berücksichtigten Fälle.

Um die Bedeutung der Mittelwerthe richtig erkennen zu lassen, sei zunächst die Anzahl der den Berechnungen zu Grunde liegenden Fälle mitgetheilt.

Anzahl und Häufigkeit der Fälle

Station	Anzahl der Tage	Anzahl der berücksichtigten Fälle	Ausgeschlossen	C	A	$\%_0 C$	$\%_0 A$
Furnes	1795	1576	219	853	723	54.1	45.9
Aachen	3287	2420	867	1269	1151	52.4	47.6
Karlsruhe	1430	1218	212	574	644	47.1	52.9
Höchenschwand	1430	953	477	466	487	48.9	51.1
Breslau	1795	1599	196	811	788	50.7	49.3
Schneekoppe	1795	1558	237	797	761	51.2	48.8

Aus dieser Zusammenstellung ergiebt sich sowohl eine Abnahme der Cyklonenhäufigkeit von Nord nach Süd als von West nach Ost; so liegen die Küstenstationen, wie Swinemünde[49]) und Furnes, ebenfalls Aachen, Magdeburg,[50]) Breslau und die Schneekoppe, häufiger im Gebiete einer Cyklone als in einer Anticyklone; erst noch weiter landeinwärts kehrt sich das Verhältniss zu Gunsten der anticyklonalen Lage um, wie dies aus der Vertheilung der Fälle von Karlsruhe, Höchenschwand und der von Åkerblom[51]) untersuchten Station Wien hervorgeht.

I. Theil.

Vertheilung der Ablenkungswinkel und Windstärken bei verschiedenen Luftdruckstufen.

(Tafel I—IV.)

I. Vertheilung der Fälle bei den verschiedenen Gradientenrichtungen.

(Tabelle 1—2, Tafel I.)

1) Für die beiden Halbjahre.

(Tabelle 1.)

In Tabelle 1 sind die verschiedenen Fälle, sowohl für die einzelnen Gradientenrichtungen und Barometerstände als für die beiden Halbjahre gesondert aufgestellt, womit gleichzeitig ein eingehender Ueberblick der Vertheilung der wirklich berücksichtigten Werthe verbunden wird.

In den Figuren 3—18 sind die Zahlenwerthe $C_1+C_2+C_3$ und A_1+A_2 graphisch aufgetragen und zwar nach den verschiedenen Himmelsrichtungen orientirt, wobei jeder mm 5 Fällen (Aachen 10 Fällen) entspricht. Der Gradient ist nach der Richtung benannt und aufgetragen, wohin der Luftdruck abnimmt.

Besonders hebt sich das Maximum der Häufigkeit der cyklonalen Gradienten nach W, NW, N und NE von den übrigen vier Richtungen ab. Die Erklärung hierzu geben uns die einzelnen Lagen der obigen Stationen zu den von Köppen und van Bebber ermittelten Zugstrassen der barometrischen Minima.

Weiter prägt sich charakteristisch bei Aachen, Breslau und der Schneekoppe ein Zurücktreten der südöstlichen cyklonalen Gradienten während der Wintermonate gegenüber der warmen Jahreszeit aus, wie es ebenfalls Krankenhagen[52]) für Swinemünde, Åkerblom[53]) für Wien und Doerry[54]) für Magdeburg nachwiesen; es ist dies auf die zunehmende Frequenz der Zugstrasse V b, die vom adriatischen Meere nach Polen verläuft, im Frühjahre zurückzuführen.

Die den nordwestlichen bezw. westlichen Sommer-Anticyklonen näher gelegenen Stationen Furnes, Karlsruhe und Höchenschwand rechtfertigen diese scheinbare Ausnahme des umgekehrten Verhaltens insofern, als bei jenen ein Anwachsen der südöstlichen Gradientenrichtungen in den anticyklonalen Lagen während der Sommerzeit nicht zu verkennen ist.

Digitized by Google

Die grössere Häufigkeit[55]) der Zugstrasse V^a, die über Frankreich südostwärts nach dem Mittelmeerbecken zieht, erklärt für die Cyklonen eine Zunahme der südwestlichen und westlichen Gradienten in der kalten Jahreszeit gegenüber der warmen bei den Stationen Furnes und Aachen; auch bei den Anticyklonen tritt eine grössere Häufigkeit der südwestlichen Gradienten im Winterhalbjahre gegenüber dem Sommerhalbjahre hervor.

Was die anticyklonalen Gradienten anbelangt, so nehmen im Sommerhalbjahre die nordöstlichen Gradienten, also südwestliche Maxima, in der kalten Jahreszeit jedoch für Furnes und Aachen die nordwestlichen und nördlichen, für Breslau die nördlichen und nordöstlichen Gradienten den ersten Rang ein. Ferner nimmt die Lage der nordöstlichen Maxima im Winter besonders zu, während dieselbe im Sommer relativ selten vorkommt. Den Schlüssel zu dieser Erscheinung bildet das verschiedene Verhalten[56]) der Maxima während des Sommer- und Winterhalbjahres. Im Sommer beherrscht meist die atlantische Anticyklone Wind und Wetter von Central-Europa, welche gern Ausläufer nach dem südwestlichen Europa entsendet und dadurch das Ueberwiegen der nordöstlichen Gradienten bedingt.

Im Gegensatze dazu entwickelt sich im Winterhalbjahre ausser dem grossen Maximum der Rossbreiten ebenfalls über dem asiatischen Kontinente ein umfangreiches Hochdruckgebiet; letzteres breitet sich sowohl leicht über Nordeuropa aus — Zunahme der südwestlichen Gradienten — als auch trennen sich von demselben kleinere Maxima los, die sich entweder über dem südöstlichen Europa oder über der Alpengegend lagern und damit die bedeutende Zunahme der nördlichen und nordwestlichen Gradienten bedingen.

Betrachtet man diese Tabelle ohne Rücksicht auf die Gradientenrichtungen, so fällt besonders die geringe Anzahl von Fällen*) unter 750 mm während der warmen Jahreszeit auf; andererseits zeigt sich bei den anticyklonalen Lagen in den Wintermonaten ein bis zu 3mal häufiges Vorkommen der Position von über 765 mm gegenüber den von 760—765 mm; im Sommerhalbjahre überwiegt die Situation A_1.

In der kalten Jahreszeit ist der Küstenort Furnes und die dem Meere näher gelegene Station Aachen öfter in den Cyklonen gelegen als in der warmen Jahreszeit. Die mehr landeinwärts liegenden Stationen Karlsruhe, Höchenschwand, Breslau und Schneekoppe weisen jedoch eine vollständige Umkehrung auf, indem diese gerade in der warmen Jahreszeit von den meisten Cyklonen aufgesucht werden. Letzteres steht auch im Einklange mit der Lagerung der barometrischen Maxima über dem Südwesten und Westen des Kontinents in der Sommerzeit; im Winterhalbjahre jedoch beherrscht die oben erwähnte Anticyklone über Südosteuropa bezw. der Alpengegend meist die Witterung von Süddeutschland.

Ferner macht sich noch die grössere Anzahl der tieferen Cyklonenlagen in der kalten Jahreszeit bemerkbar.

Die oft sehr geringe Zahl von Fällen mancher Kategorien lassen ein weiteres Zusammenfassen erwünscht erscheinen, um vor Fehlschlüssen bewahrt zu bleiben (s. w. u.).

2) Für die einzelnen Monate.

(Tabelle 2.)

In Tabelle 2 ist die Vertheilung der Häufigkeit der 8 Gradientenrichtungen für die einzelnen Monate niedergelegt, in welcher bei jeder Horizontalreihe die Maxima und Minima in entsprechender Weise wiederum gekennzeichnet sind; ebenfalls sind auch in derselben die mit A und C bezeichneten Fälle mit verarbeitet.

Die nahe Lage von Höchenschwand zu Karlsruhe und der Schneekoppe zu Breslau lässt es thunlich erscheinen, um die Statistik nicht unnöthig zu belasten, jene in obiger Zusammenstellung nicht mit aufzunehmen.

Aus Tabelle 2 ersieht man ein entschiedenes Hervortreten der cyklonalen Gradienten im April. In den westlichen Gegenden ist während des Sommerhalbjahres das Maximum der Cyklonenhäufigkeit fast ausschliesslich auf den April und Mai beschränkt, siehe Furnes, Aachen, Karlsruhe; bei den östlich gelegenen Stationen Breslau und Magdeburg[57]) prägt sich ferner noch ein sekundäres Maximum während der Monate Juli bezw. August aus; letzteres wird sogar für Swinemünde[58]) zum Hauptmaximum. Im Winterhalbjahre sind es der Oktober, November und März, die besonders von den Cyklonen bevorzugt werden.

*) Wegen des seltenen Vorkommens der Position C_1 bei den Stationen Karlsruhe und Höchenschwand wurden die Fälle C_1 und C_2 zusammengezählt.

Digitized by Google

Bei den geringsten Werthen weisen der Westen und Osten sowohl im Winter wie im Sommer kaum Gegensätze von einander auf. In der warmen Jahreszeit sind die wenigsten Cyklonen während des Juni und September vertreten; nur für Magdeburg fand Doerry[59]) das Hauptminimum im Juli. In der kalten Jahreszeit fällt die geringste Cyklonenfrequenz mit der grössten Häufigkeit der Anticyklonen zusammen, nämlich auf die Monate Januar und Februar.

Die auf Seite 10 angeführte Thatsache des winterlichen Zurückweichens der südöstlichen und südlichen Gradienten, welche auf das fast vollständige Fehlen der Zugstrasse V^b zurückzuführen ist, erfährt durch Tabelle 2 die schönste Bestätigung; charakteristisch prägt sich das Maximum im April aus, während in den Wintermonaten wie in den Sommermonaten nur wenige Fälle aufgezeichnet wurden, was sowohl mit den Untersuchungen von van Bebber[60]) übereinstimmt, dass daselbst die obige Zugstrasse am besuchtesten ist, als auch in den Arbeiten von Krankenhagen[61]) und Doerry[62]) betont wurde. Das Anwachsen der westlichen Gradienten bei einigen Stationen in der warmen Jahreszeit ist jedoch nicht auf die Zugstrasse V^a[63]) zurückzuführen, sondern steht im engsten Zusammenhange mit Zugstrasse IV, welche daselbst häufiger[63a]) als im Winterhalbjahre vorkommt.

II. Windrichtung und Ablenkungswinkel.

(Tabelle 3--7, Tafel II—III.)

1) Mittelwerthe.

(Tabelle 3—5.)

Nachdem wir über die Vertheilung und Häufigkeit der verschiedenen Fälle genügend unterrichtet sind, sollen in diesem Abschnitte die Beziehungen der Ablenkungswinkel zu den verschiedenen Gradientenrichtungen in den Cyklonen und Anticyklonen näher untersucht werden.

a) Windrichtung. In Tabelle 3 sind die mittleren Windrichtungen vorgeführt, welche nach der Lambert'schen Formel

$$tg\,\beta = \frac{E-W+\left[NE-SW+(SE-NW)\right]\,sin\,45^\circ}{N-S+\left[NE-SW-(SE-NW)\right]\,cos\,45^\circ}$$

für jede Situation berechnet wurden.

b) Ablenkungswinkel. Nach der Seite 8 besprochenen Methode wurden die Mittel der verschiedenen Ablenkungswinkel abgeleitet (s. Tabelle 4). In derselben ist sowohl für jede Situation der zugehörige Ablenkungswinkel eingetragen, als auch ohne Rücksicht auf die Barometerstände die Fälle C_1 bis C_3 und A_1 bis A_2 sowie C_1 bis A_2 zusammengefasst, endlich der mittlere Ablenkungswinkel für jede Barometerstufe berechnet.

Tabelle 5 gewährt eine Uebersicht der jährlichen Werthe von C und A und der normalen Ablenkungswinkel für die bearbeiteten Stationen.

Die Figuren 19—34 (Tafel II—III) veranschaulichen die Bewegung der Luft um ein Minimum und Maximum in den beiden Halbjahren; ferner sind durch die Zahl der Befiederung an den Pfeilen die einzelnen Windstärken kenntlich gemacht.

Die in den Tabellen 3 und 4 niedergelegten Werthe ermöglichen uns einen direkten Vergleich der beiden Methoden, d. h. der Bestimmung des mittleren Ablenkungswinkels aus der mittleren Windrichtung und der gemessenen Winkelwerthe, um auf diese Weise sowohl ein Bild über die Genauigkeit in der Methode der früheren Arbeiten zu erhalten, als auch bei späteren Untersuchungen Anhaltspunkte über das einzuschlagende Verfahren zu gewinnen. Ohne weiteres können wir bei den 4 Hauptrichtungen für beide Methoden die Winkelwerthe direkt entnehmen; in der beigegebenen Zusammenstellung sind für die 3 Stationen Furnes, Aachen und Breslau die Differenzen der beiden verschieden bestimmten α ermittelt, indem die gemessenen Werthe als normal angenommen wurden, so dass z. B. —2° bezeichnet: der aus der Lambert'schen Formel ermittelte ist gegen den gemessenen um 2° zu niedrig. Wie diese Zusammenstellung lehrt, halten sich die Abweichungen der beiden Methoden von einander meist in den Grenzen bis 8°; nur einige Male, meist dort, wo weniger Fälle zur Verarbeitung gelangten, treffen wir grössere Unterschiede von 15°—17° an, so dass die Seite 9 ausgesprochene Vermuthung der Kompensation durch Abweichungen entgegengesetzter Art bei

Digitized by Google

vielen Fällen zutreffend ist. Für die Bestimmung der Winkelwerthe bei den einzelnen Luftdruckstufen dürfte bei vielen Fällen die Hildebrandsson'sche Methode vollauf genügen; bei verschiedenen Entfernungen vom Centrum des Luftdrucksystems, in welchen unter gleichen Verhältnissen weit weniger Fälle für jede Situation zur Verarbeitung gelangen können, ist die Messungsmethode jedoch der anderen entschieden vorzuziehen. Bei der nachfolgenden Diskussion wollen wir uns nur der gemessenen Winkelwerthe bedienen.

	Furnes								Aachen								Breslau							
	Winter				Sommer				Winter				Sommer				Winter				Sommer			
	N	W	S	E	N	W	S	E	N	W	S	E	N	W	S	E	N	W	S	E	N	W	S	E
C_1	−2	+ 2	−13	−5	−1	+2	+ 5	−24	−6	− 9	−5	+ 4	−3	+18	+ 7		+1	+9		−4	+ 1	+3		0
C_2	−4	+ 3	− 2	+2	−4	−6	0	−20	−8	+13	0	−12	−4	+15	−12	−9	0	+3	+16	0	− 2	+3	+8	−3
C_3	−2	−14	− 4	−3	−1	−2	− 3	− 6	−7	+17	+1	− 9	−3	+ 3	+ 2	−7	+3	−1	+17	−2	− 4	+8	+4	0
A_1	−1	− 1	− 3	+1	0	−2	−15	− 6	−8	− 2	+4	− 3	−2	− 4	− 5	+4	+5	+6	0	−4	+ 7	+3	−1	0
A_2	−1	0	− 5	+5	+1	0	− 6	+12	−5	+ 8	0	−13	−8	+10	0	−1	+4	+7	+ 1	0	+23	+7	−5	−6

Bewegung der Luft an der Erdoberfläche. Zunächst bestätigt Tabelle 4—5, dass „der Ablenkungswinkel, wenn man von den Gebirgsstationen absieht, je mehr man landeinwärts schreitet, an Grösse einbüsst;" es ist dies eine Folge der wachsenden Reibungswiderstände über dem Festlande.

Gehen wir nun zur Diskussion der Grössenverhältnisse der Ablenkungswinkel bei den verschiedenen Gradienten-Richtungen über, so bemerken wir bei dem unweit der Nordseeküste gelegenen Orte Furnes (Fig. 19—22) ein Maximum des Winkels bei südöstlich bis nordöstlich gerichteten Gradienten, während an der Vorderseite der Cyklonen α seinen geringsten Werth hat. Charakteristisch ist dieses Verhalten sowohl in der warmen, wie in der kalten Jahreszeit, deutlich ausgeprägt und berechtigt daher zu dem Schlusse, dass der von Clement Ley[64]) aufgestellte Satz über die Grössenverhältnisse von α an der Vorder- und Rückseite der Cyklonen, den Kassner[65]) für kreisähnliche Cyklonen nicht bestätigt fand, seine Richtigkeit bewahrt. Es stimmt dies sowohl mit den Untersuchungen der Herren Hoffmeyer[66]) für Dänemark, Hildebrandsson[67]) für Utklippan, Wäderöbod und Sandön, Spindler[68]) für Russland überein, als auch tritt dies in schönster Weise bei Krankenhagen[69]) für Swinemünde und Åkerblom[70]) für Thorshavn hervor.

Schon Hoffmeyer[71]) weist darauf hin, dass die verschiedenen Grössen von α auf der Vorder- und Rückseite der Cyklonen, also der gegen W und E gerichteten Gradienten, auf die Unterschiede der Reibung, die einerseits die Landwinde, andererseits die Seewinde erleiden, zurückzuführen sind. Dies dürfte auch grösstentheils das von Loomis[72]) für die Vereinigten Staaten gefundene entgegengesetzte Verhalten des Ablenkungswinkels genügend erklären, da dort die Verhältnisse umgekehrt wie in Europa sind, indem die gegen W gerichteten Luftströmungen von der See herstammen.

Wenn Herr Kassner den Clement Ley'schen Satz besonders für die Meercyklonen nicht zutreffend fand, so kann uns das nach dem vorhergesagten nicht wundern. Jene Betrachtungen beziehen sich meist auf Cyklonen zwischen dem amerikanischen und europäischen Kontinente, woselbst in Folge der grossen Wasseroberfläche die Reibungswiderstände sowohl auf der Vorder- als auf der Rückseite nahezu gleiche sein müssen. Dann wird sich aber die verzögerte oder beschleunigte Bewegung der Luftmassen selbst in der Grösse des Ablenkungswinkels geltend machen müssen, die in erster Linie mit der Fortpflanzung zusammenhängt. Dies bestätigen auch die Beobachtungen; denn in einem gewissen Abstande[73]) vom Centrum ergeben sich bei den Meercyklonen grössere Ablenkungswinkel im Ost-Quadranten, sodass man die Bewegung der Luftmassen im West-Quadranten als eine beschleunigte ansehen kann.

Jene über dem Atlantischen Ozean gelegenen Cyklonen bilden daher gleichsam die Uebergangsstufe der europäischen zu den amerikanischen, indem, wie oben erwähnt, die grössere bezw. geringere Reibung das Einströmen auf der Rück- und Vorderseite ebenfalls ändert; es kommt dann die beschleunigte bezw. verzögerte Bewegung daselbst zum Ausdruck, die über dem Lande in Folge der Reibungswiderstände vollständig verwischt wird.

Die von Kassner[74]) untersuchten Landcyklonen sprechen ebenfalls für die Gültigkeit des Clement Ley'schen Satzes, indem bei jenen die kleinsten Winkel im Ost-Quadranten liegen.

Digitized by Google

Bei Karlsruhe treffen wir die grössten Winkel bei südöstlichen, die kleinsten bei westlichen und südwestlichen Gradienten an; schreiten wir weiter nach Osten, so springt besonders der grosse Winkel bei nordwärts gerichteten cyklonalen Gradienten in die Augen — siehe Breslau, Figur 27—30 —, was ebenfalls Åkerblom [75]) für Wien fand, während im Gegensatze zu den westlichen Stationen gerade die südöstlichen und südlichen Gradienten die kleinsten Winkel besitzen.

Dieser Uebergang des Abnehmens des Winkels bei südöstlichen Gradienten ist bei Magdeburg [76]) sowohl in den cyklonalen wie anticyklonalen Lagen erkenntlich.

In diesem Falle spielen schon die Reibungsverhältnisse eine grosse Rolle, indem nördliche Luftströmungen für die ostwärts gelegenen Stationen beim Ueberschreiten der skandinavischen Halbinsel der orographischen Verhältnisse wegen eine weit grössere Reibung erfahren, wodurch sie gezwungen werden, sich mehr der Gradientenrichtung anzupassen. Anders gestaltet sich dies für Westeuropa; dort stammen solche Luftströmungen direkt von der Nordsee her und behalten in Folge geringerer Reibung den grösseren Ablenkungswinkel, was für jene Stationen das Anschwellen von α bei südöstlichen bezw. östlichen Gradienten in den Minima wie in den Maxima genügend erklärt. Es ist also, um nochmals hervorzuheben, die verschiedenartige Reibung, die die Luftmassen einerseits beim Ueberschreiten der skandinavischen Halbinsel, andererseits beim Durchqueren der Nordsee erleiden, welche die verschiedene Grösse von α bei der gleichen Gradientenrichtung für West- und Osteuropa veranlasst.

Oestliche und südöstliche Winde sind für alle Orte Landwinde und bedingen aus diesem Grunde fast allenthalben kleine Ablenkungswinkel.

Eigenthümlich ist die vollständige Umkehr der Winkelgrösse bei nord- und südgerichteten Gradienten in beiden Windsystemen, welche wir während der Sommermonate bei Breslau antreffen. Hier kann man die Reibungsverhältnisse nicht zur Verantwortung ziehen und müssen daselbst noch andere Faktoren mitspielen. Ein Blick auf Tabelle 8e der Windstärke lehrt, dass gerade mit südlichen Gradienten eine geringere Windgeschwindigkeit in den Anticyklonen als in den Cyklonen verbunden ist — letztere wird sogar zum Minimum.

Wenden wir uns nun der Station Aachen zu (Figur 23—26), so ist bei jener eine vollständige Abweichung vom Clement Ley'schen Satze vorhanden; denn gerade bei nordwestlichen und westlichen Gradienten erreichen die Ablenkungswinkel in beiden Lagen ihren grössten Werth, während das Minimum von α mit den übrigen westlichen Stationen zusammenfällt. Es scheint hier, als ob vor allem die topographischen Verhältnisse der weiteren und näheren Umgebung Aachens — das Eifelgebirge, hohe Venn — Veranlassung zu obigem Verhalten geben, indem sie eine südöstliche bezw. südliche Luftströmung, welche den westlichen und nordwestlichen Gradienten für Centraleuropa entspricht, mechanisch nach S bezw. SSW und SW ablenken. Die Ardennen und der noch näher südlich bezw. südwestlich gelegene Aachener Wald werden ebenfalls dazu beitragen, die südwestlichen Luftströmungen abzulenken, wodurch der grosse Winkel bei gegen N gerichteten Gradienten eine Erklärung findet. Die auffallende Grösse von α bei jenen Gradientenrichtungen erklärt auch, warum der mittlere Ablenkungswinkel von Aachen den der Küstenstation Furnes um einige Grade übertrifft; ferner ist sie ein weiterer Beleg für den bedeutenden Einfluss, den orographische Verhältnisse auf die Ablenkung der Luftströmungen haben können.

So sind auch die negativen Winkel, welche wir öfters bei westlichen und östlichen Gradienten an den Stationen Karlsruhe, Höchenschwand antreffen, eine Folge mechanischer Einwirkung, indem der süd-nördlich verlaufende Schwarzwald, die Vogesenkette und die Haardt solche Luftströmungen zwingt, eine im entgegengesetzten Sinne vom Buys-Ballot'schen Gesetze abweichende Richtung einzuschlagen.

Wir können daher folgende Sätze aussprechen:

1) Die Grösse des Ablenkungswinkels bei den verschiedenen Gradientenrichtungen ist eine Funktion der Reibung, jedoch üben die Stärke der Luftbewegung selbst, sowie durch mechanische Ablenkung die orographischen Verhältnisse einen modifizirenden Einfluss aus.

2) Für Europa haben östliche Winde (Landwinde) kleine, westliche Winde (Seewinde) grosse Ablenkungswinkel. Bei südöstlichen Gradienten weisen der Westen und Osten Umkehrungen der Winkelgrösse von einander auf.

Bewegung der Luft in mittleren Höhen. Untersucht man die beiden Gebirgsstationen Höchenschwand und die Schneekoppe (Fig. 31—34), so zeigt sich auf der Vorderseite der Cyklonen und der Rückseite

Digitized by Google

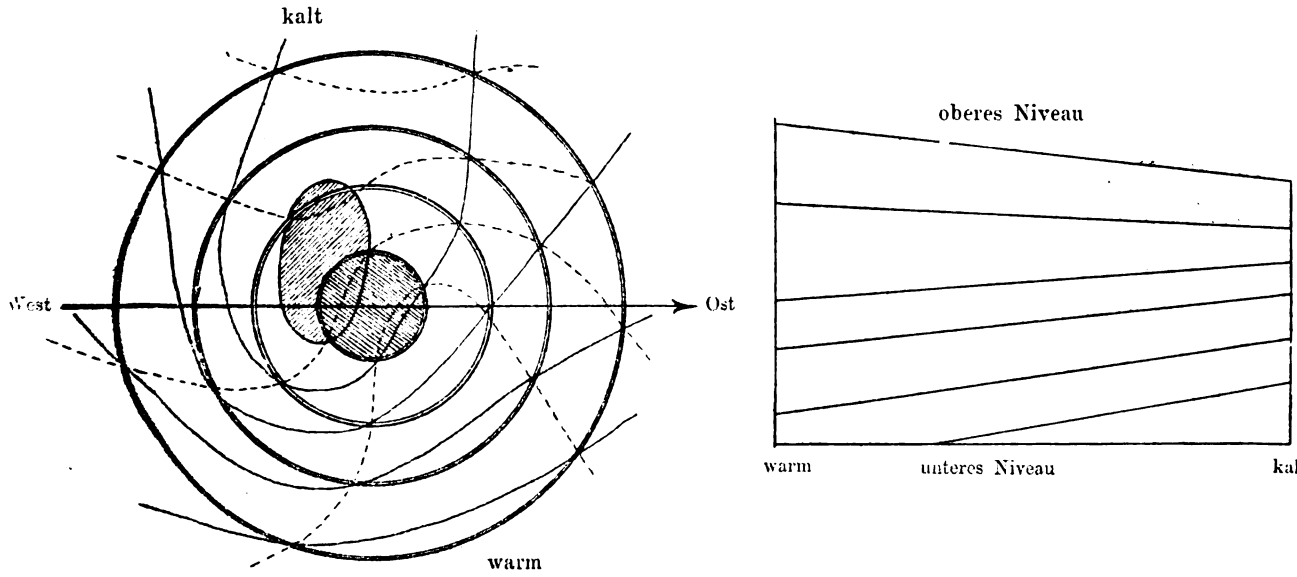
der Anticyklonen ein Maximum des Ablenkungswinkels im Gegensatze zu den Luftdrucksystemen an der Erdoberfläche; ja schon in der geringen Seehöhe von ca. 1000 m (s. Höchenschwand, bezogen auf die Isobaren im Meeresniveau), geht auf der Vorderseite der Cyklonen bezw. Rückseite der Anticyklonen das Ein- und Ausströmen theilweise umgekehrt vor sich, während bei der Schneekoppe diese Beziehungen noch schärfer ausgeprägt sind. Bei der Schneekoppe treffen wir die grössten Ablenkungswinkel bei NW, W und SW gerichteten Gradienten an, letztere werden während der Sommerzeit zum Maximum, wohingegen Höchenschwand bei südwestlichen Gradienten nur kleine Ablenkungswinkel besitzt.

Dieses Verhalten des Ablenkungswinkels mit der Höhe stimmt mit dem Zuge der Unter- und der Cirruswolken überein, das sowohl von Clement Ley,[77]) Hildebrandsson[78]) und neuerdings Åkerblom[79]) solchen Betrachtungen unterworfen wurde, nur dass in diesen Regionen das Ausströmen an der Vorderseite noch grösser ist.

Weiter lehren die Untersuchungen von Kassner,[80]) dass bei den Meercyklonen, deren Reibungsverhältnisse auf beiden Seiten gleiche sind, α auf der Rückseite kleiner als auf der Vorderseite ist, und berechtigen daher zu der Annahme einer beschleunigten Bewegung im West-Quadranten, einer verzögerten im Ost-Quadranten.

Haben wir nun eine beschleunigte Bewegung auf der Rückseite, eine verzögerte auf der Vorderseite, so werden sich diese in den höheren Luftschichten, deren Reibungsverhältnisse verschwindend klein sind, noch verstärken. Die grosse Bewegungsenergie der schnell dahinfliessenden, west—östlichen oberen Luftmassen genügt nach Ekholm,[81]) um die Luft in der Cyklone heraufzupumpen, selbst gegen einen vertikal abwärts gerichteten Druckgradienten. Weiter wird die grössere Geschwindigkeit der oberen Luftmassen, begünstigt durch die geringere Reibung, ihrerseits eine vermehrte Centrifugalbeschleunigung bedingen. Es sind damit die Momente gegeben, um die Bewegungen zuerst in centrirte, später in centrifugale zu verwandeln; denn nach den Untersuchungen des Herrn v. Bezold[82]) bedarf es zur Erklärung dieser zunehmenden Centrifugalkraft, „um dadurch ein Ausströmen der Luft aus dem oberen Theile der Cyklonen zu erzeugen, keiner Aenderung im Sinne der Luftdruckvertheilung, keines Umspringens von der cyklonalen in die anticyklonale, sondern es genügt, wenn die Windgeschwindigkeiten nach oben hin zunehmen."

Bei derartigen Betrachtungen müssen wir noch besonders die Deformation[83]) der Cyklonen mit der Höhe in Rechnung ziehen; die Cyklone saugt nämlich auf der Ostseite wärmere, auf der Westseite hingegen kältere Luft an; dieses bedingt, dass auf der Westseite der Luftdruck nach oben im allgemeinen schneller als auf der Ostseite abnimmt, womit in der Höhe eine Verschiebung des Centrums gegen Westen nothwendig verbunden ist. Eine an der Erdoberfläche ausgebildete kreisförmige Cyklone wird daher mit der Höhe baldigst eine andere Form annehmen müssen. Zieht man diesen Umstand in Rechnung, wie es z. B. Möller und Köppen[84]) gethan haben, indem sie unter Berücksichtigung der Temperaturabnahme mit der Höhe auf beiden Seiten der Cyklonen die Isobaren im oberen Niveau konstruirten, so gelangt man zu nachstehendem Schema. Dieses zeigt zugleich die Abnahme der Gradientengrösse auf der Vorder-, namentlich der



Digitized by Google

Nord- und Nordostseite, und umgekehrt die Zunahme auf der Rück-(Südwest)seite. Damit tritt natürlich der stärkeren Gradienten wegen eine Vermehrung der Windgeschwindigkeit an der Rückseite ein, ganz wie es z. B. die Beobachtungen an der Schneekoppe zeigen (s. Tabelle 8).

Diese gesteigerte Luftbewegung mit der Höhe hat eine vermehrte centrifugale Beschleunigung zur Folge; auf der Vorderseite kann nun der erlahmenden Bewegung wegen die Luft zum Abfliessen gelangen, indem daselbst die Gradienten im Gegensatze zur Rückseite am schwächsten sind. Bewegungen gegen den Gradienten sind nach Prof. Köppen[85]) im allgemeinen nur dann möglich, wenn ein Luftstrom aus stärkeren in schwächere Gradienten tritt, was ja auch mit den Beobachtungen übereinstimmt, da an der Erdoberfläche die steilsten Gradienten meist an der Vorderseite liegen. Auf der Rückseite hingegen werden der stärkeren Gradienten wegen die beschleunigten Luftmassen der Centrifugalkraft entgegenarbeiten und bleiben daselbst die centripetalen Bewegungen erhalten. Es ist also, um nochmals zu rekapituliren, die Energiequelle, die das Ausfliessen der Luftmassen bedingen kann (dabei vorausgesetzt, dass die Entstehung der Cyklone in den oberen Luftschichten veranlasst wird), auf der Rückseite der Depression zu suchen; das Ausfliessen wird dann um so leichter erfolgen können, je stärker die Unterschiede in der Gradientengrösse zwischen Vorder- und Rückseite sind.

Aus diesen Erörterungen gelangen wir zu dem Satze:

3) In Höhen von 1000 m und mehr, ist, bezogen auf die Isobaren im Meeresniveau, an der Vorderseite der Minima bereits ein Ausströmen der Luft, an der Rückseite der Maxima hingegen ein Einströmen vorhanden.

c) Verhalten der mittleren Ablenkungswinkel. Die zahlreichen, zur Untersuchung herangezogenen Fälle dürften eine weitere Belegung des von allen Forschern einstimmig gefundenen Satzes sein: „Der Ablenkungswinkel ist in den Cyklonen grösser als in den Anticyklonen." Weiter ergiebt sich, dass der mittlere Ablenkungswinkel sowohl mit Annäherung an die Küste als mit steigender Erhebung über dem Erdboden wächst; es ist dies eine Folge der geringeren Reibung der Luft.

Beim Vergleiche der Situationen C_1, C_2, C_3 bemerken wir öftere Unregelmässigkeiten, in der Regel scheinen niedrigere Barometerstände auch von grösserem Ablenkungswinkel begleitet zu sein; jedoch muss die Untersuchung dieses Verhalten dem zweiten Theile der Arbeit, wo die Entfernungen mit in Betracht gezogen werden, vorbehalten bleiben.

Nur vorgreifend möchte ich erwähnen, dass bei der Schneekoppe das Maximum von α in einem grösseren Abstande vom Centrum angetroffen wurde, was vielleicht auf ein Einströmen von allen Seiten in einigen 100 km vom Centrum hinzudeuten scheint, während in den äusseren Zonen die Luft auf der Vorderseite stark ausfliesst. (Siehe Tabelle 4 f, Figur 31—32.)

Ebenfalls wie bei den cyklonalen Lagen Abweichungen umgekehrter Art keineswegs zu den Seltenheiten gehören, weisen auch bei den Anticyklonen einzelne Stationen ein entgegengesetztes Verhalten auf, so haben Karlsruhe, Höchenschwand und die Schneekoppe in A_2 grössere Winkel als in A_1; Breslau genau denselben Winkelwerth für beide Positionen.

Im Mittel der gesamten Fälle ist allenthalben der Ablenkungswinkel in der warmen Jahreszeit grösser als in der kalten; in der Arbeit von Kassner finden wir ähnliches, welches Herr Kassner[86]) auf die lebhaftere Luftbewegung während des Winterhalbjahres zurückführen zu können glaubt, wodurch es den Lufttheilchen schwerer fällt, von der Gradientenrichtung abzuweichen; daher der kleinere Winkel im Winter.

Bezüglich der cyklonalen Werthe treffen wir für Karlsruhe und Breslau im Sommer kleinere α als im Winter an, während in anticyklonalen Lagen der Mittelwerth im Sommer bedeutend grösser ist. Scheinbar stimmt dies auch wieder mit den Kassner'schen Ergebnissen überein, indem Tabelle 8e der Windstärke lehrt, dass für Breslau beide Halbjahre gleiche Windstärken (2.9) haben; weiter finden wir in dem zweiten Theile der Arbeit im Sommer eine grössere Nähe des Centrums der Cyklonen als im Winter, womit im engsten Zusammenhange eine Steigerung der Luftbewegung in der grösseren Nähe des Centrums steht.

Die obige Schlussfolgerung widerspricht jedoch direkt der Guldberg-Mohn'schen Grundgleichung

$$\frac{\mu}{\varrho} \cdot G \sin \alpha = 2\omega \sin \varphi v - \frac{v^2}{R},$$

Digitized by Google

denn nach dieser folgt unwiderleglich, dass α bei grossem R für anticyklonale Luftbewegung kleiner, für die cyklonale jedoch grösser wird, da R in obiger Gleichung bei Anticyklonen positiv, bei Cyklonen negativ anzunehmen ist.

Wir dürfen daher ruhig annehmen, dass vielleicht fehlerhafte Schätzung der Windstärke, Trägheit der Windfahne und lokale Beeinflussung etc. die scheinbare Ausnahme von der Mohn'schen Formel bedingt; untersucht man daher das Verhalten von α zu v bei der nicht durch lokale Einflüsse getrübten Station auf der Schneekoppe, so finden wir die schönste Bestätigung der Guldberg-Mohn'schen Formel; denn nach beigegebener kleiner Zusammenstellung ergiebt sich für die Cyklonen mit zunehmender Windstärke ein Wachsen des Ablenkungswinkels und umgekehrt. Fassen wir die Anticyklonen ins Auge, so treffen wir bei der grössten Windstärke den kleineren Ablenkungswinkel, und bei geringerer Windstärke den grösseren Ablenkungswinkel an, ganz wie es die Theorie verlangt. Auch der grosse Unterschied der Winkelgrösse in den Anticyklonen im Gegensatze zu den Cyklonen entspricht dem Verhalten der Windgeschwindigkeit.

	Winter			Sommer		
	Ablenkungswinkel	Windstärke	Entfernung vom Centrum in km	Ablenkungswinkel	Windstärke	Entfernung vom Centrum in km
C_1 bis C_3	73° 18′	5.3	994	74° 0′	5.4	899
A_1 bis A_2	62° 30′	4.8	1140	67° 0′	4.2	1400

Forschen wir nun nach der Ursache der grösseren Luftbewegung bei cyklonalen Gradienten während der Sommerzeit und umgekehrt bei anticyklonalen während der kalten Jahreszeit, so gewähren hier die gemessenen Entfernungen die beste Aufklärung; denn im Sommer liegt das Centrum der Cyklonen der Schneekoppe näher, womit natürlich eine Steigerung der Luftbewegung verbunden ist, wie dies auch der zweiten Grundgleichung entspricht:

$$\frac{\mu}{\varrho} G \cos \alpha = k \cdot v + a$$

hierin bedeutet a die Beschleunigung und k der Reibungskoeffizient der Luft; mit grösserer Annäherung an das Centrum wächst in Folge des kleinern Krümmungsradius die Centrifugalbeschleunigung, die ihrerseits wiederum einen grösseren Ablenkungswinkel nach sich zieht.

Die grössere Geschwindigkeit der Luft in den Anticyklonen und den dadurch bedingten kleineren Ablenkungswinkel bei geringerer Entfernung vom Centrum während der kalten Jahreszeit ist wohl auf die grössere Intensität der Wintermaxima zurückzuführen, womit im engsten Zusammenhange ein grösseres Druckgefälle, also ein rascheres Abströmen der Luft steht.

Im Mittel der Gesamtfälle haben hier die unteren Stationen sonst die grössten Winkel im Sommerhalbjahre, was wohl auf den lebhaftern vertikalen Luftaustausch in der warmen Jahreszeit zurückzuführen ist, welche die Luft mit stärkeren Gradienten, also auch grösseren α an die Erdoberfläche herabbringt.

Aus diesem Abschnitte lassen sich folgende Sätze formuliren:

4) Der Ablenkungswinkel ist in den Cyklonen grösser als in den Anticyklonen und wächst meist mit zunehmender Tiefe der Cyklonen.

5) Der mittlere Ablenkungswinkel ist meist grösser in der warmen als in der kalten Jahreszeit.

6) Der Ablenkungswinkel wächst sowohl mit Annäherung an die Küste als mit steigender Erhebung über dem Erdboden.

7) Bei cyklonaler Luftbewegung ziehen grössere Windstärken grössere Ablenkungswinkel, bei anticyklonaler Luftbewegung jedoch grössere Windstärken kleinere Ablenkungswinkel nach sich.

2) Prüfung der Resultate durch Scheitelwerthe.

(Tabelle 6—7.)

a) Häufigkeit des Vorkommens von gewissen Winkelgrössen. Nachdem wir aus den Mittelwerthen eine Reihe von Resultaten abgeleitet haben, ist es unerlässlich, dieselben noch einer weiteren Prüfung zu unterziehen, da die Methode der Mittelbildung bei grösseren Extremen leicht Veranlassung zum Entstellen der wirklichen Grössen giebt.

Digitized by Google

Ehe wir nun zur Ableitung der sogenannten „Scheitelwerthe“[87]) übergehen, sei zunächst die Häufigkeit der gemessenen Winkelwerthe sowohl für die Cyklonen als auch für die Anticyklonen von 10° zu 10° gesondert aufgeführt, um auf diese Weise ein besseres Bild über die Grösse der Ablenkungswinkel, welche Beträge sie erreichen können etc. zu ermöglichen. Wieder sind auch hier die Maxima in passender Weise hervorgehoben (Tabelle 6a, b). Deutlich springt in jener Tabelle das Ueberwiegen der grössten Häufigkeit gegenüber den Nachbarwerthen in die Augen; in der Regel weist jene zwei Maxima auf, so dass also das grösste Vorkommen von α mehr oder weniger an gewisse Winkelgrössen gebunden ist.

Weiter ersehen wir, dass nur bei Breslau und allenfalls noch bei Karlsruhe der mittlere Werth von C mit dem Maximum der Häufigkeit zusammenfällt, während bei den anderen Stationen ein abweichendes Verhalten zu Tage tritt, wie dies auch von Herrn Kassner[88]) für die Meer- und Küstencyklonen betont wird. Meist liegen die Mittelwerthe unter dem des grössten Vorkommens, so für den Küstenort Furnes und die Gebirgsstation Höchenschwand bei 50—59° bezw. 40—49° und 90—99°, für Aachen bei 80—99°.

Am interessantesten ist wieder das Verhalten von α bei der Schneekoppe, an welcher Station wir drei Gipfelpunkte antreffen, zwei primäre bei 40—49° und 90—99°, sowie ein ausgesprochenes sekundäres Maximum bei 120°—140°; auch nimmt die Häufigkeit der Winkel*) $> 90°$ hierselbst wie bei Höchenschwand gegenüber den anderen Stationen ganz besonders zu, so dass der von Herrn Kassner[89]) für die Meercyklonen aufgestellte Satz „Ablenkungswinkel von 90° und darüber sind nicht selten“ erst recht eine Bestätigung für die Höhenstationen findet. Denn bei der Schneekoppe weist nahezu die Hälfte aller Fälle Winkelwerthe von $> 90°$ auf; man ist daher zu dem Schlusse berechtigt, daselbst das Ausströmen der Luft auf der Vorderseite der Cyklonen als das der Regel entsprechende anzusehen. Auf diesen Punkt werden wir gleich unten beim Besprechen der Scheitelwerthe für die einzelnen Gradientenrichtungen zurückkommen.

Bei den Anticyklonen macht sich meist eine Verschiebung der grössten Häufigkeit nach dem Null-Werthe bemerkbar, wie dies auch dem kleineren Winkel von α in jenen Luftdrucksystemen entspricht. Besonders charakteristisch ist das bei Karlsruhe und Höchenschwand ausgeprägt, womit im engsten Zusammenhange die Abnahme der Fälle von $\alpha > 90°$ steht.

Für die Schneekoppe sind die beiden primären Maxima von 40°—49° und 90°—99° geblieben, während das sekundäre Maximum von 130° fast vollständig zurückgetreten ist, wofür sich ein anderes bei 0°—9° einstellt.

b) Scheitelwerthe. Die Bestimmung[92]) der Scheitelwerthe erfolgte auf graphische Weise aus der Häufigkeitskurve. In Tabelle 7 sind die einzelnen Werthe sowohl für Winter und Sommer als auch für das ganze Jahr bei den verschiedenen Gradienten-Richtungen zweckmässig angeordnet. Aus jener Zusammenstellung müssen wir vor allem eine Bestätigung der grössten und kleinsten Winkelwerthe bei den verschiedenen Gradienten-Richtungen erwarten, denn nur in diesem Falle entsprechen die oben aufgestellten Sätze den thatsächlichen Verhältnissen. So werden wir auch einerseits darüber Belege finden, ob grössere positive oder negative Schwankungen die Mittelbildung erheblich beeinflussen, anderseits wird das Scharen der Scheitelwerthe um gewisse Punkte die Möglichkeit besonderer Zufälligkeiten ausschliessen.

Vergleichen wir indess die Tabellen 4 und 5 mit jenen Werthen, so berechtigen uns diese Zusammenstellungen zu dem Schlusse, dass sowohl in den Minima wie in den Maxima im allgemeinen den kleinsten Mittel- auch die geringsten Scheitelwerthe und umgekehrt, entsprechen. Ferner haben bei den Landcyklonen Mittel- und Scheitelwerth des Winkels nahezu gleiche Grösse. Die Höhenstationen und das dem Meere näher gelegene Aachen, wie der Küstenort Furnes, besitzen jedoch weit grössere Scheitel- als Mittelwerthe, eine Thatsache, worauf wir schon oben hinwiesen, und welche ebenfalls Herr Kassner[93]) für die Meer- und Küstencyklonen fand.

Es ist dies auf das öftere Vorkommen der Winkel $> 90°$ zurückzuführen. Man kann daher, um auf den Einwurf, der gegen die früheren Arbeiten in dieser Hinsicht gemacht wurde, zurückzukommen, sich bei derartigen Untersuchungen für Landstationen mit der Ableitung der Mittelwerthe begnügen, während man bei Küsten- und vor allem Gebirgsstationen auch die Zahlen des grössten Vorkommens näher erörtern muss.

*) Schon Clement Ley[90]) macht 1873 auf Winkelgrössen von $> 90°$ bei NW-Winden an den Küstenstationen der britischen Inseln und der Bretagne aufmerksam, was nach Herrn Köppen,[91]) wie die zahlreichen Wetterkarten zeigen, öfters der Fall, und in der kräftigen absteigenden Bewegung dieser Winde zu suchen ist.

Digitized by Google

Was nun den Satz des Ausströmens der Luft an der Vorderseite der Cyklonen und des Einströmens an der Rückseite der Anticyclonen anbelangt, den wir Seite 16 aufstellten, so erfährt derselbe durch die Scheitelwerthe die schönste Bestätigung. Der sekundäre Scheitel von 134° bei NW—SW-Gradienten auf der Schneekoppe ist ein positiver Beweis für das öftere Vorkommen der gegen den Gradienten — von der Erdoberfläche ausgenommen — gerichteten Bewegung der Luft in jenen Höhen.

In den verschiedenen Jahreszeiten weisen Sommer- und Winterhalbjahr keine nennenswerthen Unterschiede im Wechseln der Scheitel- zu den Mittelwerthen auf, sodass die früher gezogenen Schlüsse auch für die Scheitelwerthe berechtigt sind.

Die Häufigkeitszahlen für die einzelnen Positionen C_1, C_2, C_3, A_1, A_2 bei den verschiedenen Gradientenrichtungen sind selbst bei Aachen, wo 2400 Fälle untersucht wurden, zu zersplittert, um zu irgend welchen Resultaten zu führen. Fasst man jedoch die gesammte Anzahl der Fälle für C_1, C_2, C_3, A_1 und A_2 zusammen, so ergiebt sich für Aachen folgende kleine Tabelle.

Scheitelwerthe Aachen.

	C_1	C_2	C_3	A_1	A_2
Winter	93	81	85	55 185	155 185
Sommer	82	93	165 195	91	55

Bei den anderen Stationen wurde diese Bestimmung nicht vorgenommen, weil es lohnender erschien, bei derartigen Untersuchungen die Entfernungen vom Centrum einer Cyklone oder Anticyklone zu Grunde zu legen.

Obige Werthe bestätigen jedoch im allgemeinen die aus der Tabelle 4 gezogenen Schlussfolgerungen, wonach α mit abnehmendem Barometerstande wächst, mit zunehmendem kleiner wird; nur liegen die Scheitelwerthe erheblich über dem mittleren. Das kleinere Mittel von C_1 im Sommer ist analog dem kleineren Scheitelwerth von 82°. In wieweit eine Abnahme der Winkelgrösse mit der Annäherung an das Centrum verbunden ist, kann erst in den folgenden Abschnitten näher erörtert werden.

Wir gelangen daher zu folgenden Sätzen:

8) Bei den Landcyklonen fällt der Scheitel mit dem mittleren Werth des Winkels nahezu zusammen, während für die Küsten- und Höhenstationen der Scheitelwerth erheblich den mittleren übersteigt.

9) Die Häufigkeit der Ablenkungswinkel von $\gtrless 90°$ nimmt sowohl mit abnehmender Entfernung vom Meere, als auch mit steigender Erhebung über dem Erdboden schnell zu.

10) In Höhen von 1600 m zeigt die Häufigkeitskurve der Ablenkungswinkel zwei ausgesprochene Scheitel; in dem einen Falle erfolgt bei den Cyklonen auf der Vorderseite ein Einströmen ($\alpha < 90°$), in dem anderen Falle ein Ausströmen der Luft ($\alpha > 90°$).

Aehnliche Verhältnisse liegen, wenn auch nicht so deutlich ausgesprochen, an der Rückseite der Anticyklonen.

III. Windstärke.

(Tabelle 8.)

Die Berechnung der mittleren Windstärke ergab die in Tabelle 8 aufgeführten Werthe.

Um die Stärke der Luftbewegung bei entgegengesetzten Gradientenrichtungen besser kenntlich[94]) zu machen, ist die grössere Zahl durch Fettdruck hervorgehoben. Ferner ist noch besonders zu erwähnen, dass aus den bereits früher mitgetheilten Gründen die Stärkegrade von Furnes mit den anderen Stationen nicht vergleichbar sind, wie überhaupt derartige Schätzungen von der Subjektivität des Beobachters in nicht geringer Weise abhängen.

1) Windstärke bei verschiedenen Gradientenrichtungen.

Die grösste Windstärke treffen wir bei den Cyklonen und zwar für die westlichen Stationen Furnes und Aachen bei nördlichen Gradienten an; je mehr wir uns östlich wenden, so verschiebt sich das Maximum

Digitized by Google

der Luftbewegung auf die Rückseite der Cyklone. Breslau und die Schneekoppe weisen bei östlichen und nordöstlichen Gradienten, also N- und NW-Winden, die grösste Luftbewegung auf. Den Uebergang hierzu sehen wir sowohl bei Karlsruhe und Höchenschwand, als auch bei Magdeburg[95]) deutlich ausgeprägt, während das Maximum der Windgeschwindigkeit von Swinemünde[96]) sich wie das von Breslau und der Schneekoppe auf der Rückseite entwickelt.

Wir finden also den von Herrn Kassner[97]) aufgestellten Satz „die grössten Windstärken treten bei den Landcyklonen an der Rückseite der Cyklone, bei den Küstencyklonen an der Vorderseite auf" bestätigt: ebenfalls zeigt sich bei der Küstenstation Furnes der geringe Unterschied in der Windstärke zwischen den einzelnen Gradienten-Richtungen, worauf schon Herr Kassner[98]) für die Küstencyklonen hinweist.

Im Gegensatze zu den östlich gerichteten haben die westlichen Gradienten die geringste Luftbewegung, wie sich dies bei allen Stationen charakteristisch bemerkbar macht.

Der Grund, warum wir bei nördlich und östlich gerichteten Gradienten in den Cyklonen die grössere Windstärke antreffen, ist in der Grösse des Gradienten[99]) selbst zu suchen, da dieser auf der Süd- bezw. Südwestseite einer Depression meist sein Maximum erreicht, womit ja die Windstärke im engsten Zusammenhange steht.

Was nun die Geschwindigkeit der Luftbewegung in mittleren Höhen anbelangt, so erfolgt dieselbe daselbst bedeutend schneller als in der Nähe der Erdoberfläche, indem ja die Reibung, welche die Stärke der Luftbewegung verzögert, mit zunehmender Höhe rasch abnimmt.

Während wir noch für Höchenschwand im Winter bei nordwestlichen Gradienten eine sehr lebhafte Luftbewegung antreffen, ist bei der Schneekoppe das Maximum vollständig auf der Rückseite vorhanden — s. Tabelle 8d bezw. 8f.

Bei den anticyklonalen Gradienten haben wir etwas abweichende Verhältnisse; meist liegt das Maximum auf der Vorderseite, und zwar bei nordöstlich gerichteten Gradienten (also W-Winde), während auf der Rückseite die geringste Windgeschwindigkeit herrscht. Bemerkenswerth ist das Anwachsen der Windstärke bei SW- und S-Gradienten, welches wir bei Furnes, Höchenschwand und im Winter auch bei der Schneekoppe, selbst bei Breslau *A*, antreffen; ferner die Zunahme der Windgeschwindigkeit in Höchenschwand bei westlichen Gradienten; letztere ist vielleicht auf lokale Ursachen zurückzuführen. Die Eigenthümlichkeit, die schon Herr Krankenhagen[100]) erwähnt, dass die Luftbewegung bei südlichen Gradienten, also nördlicher Lage des Maximums, in der Sommerzeit an Intensität weit erheblicher ist, finden wir für Furnes und Höchenschwand bestätigt, während bei den anderen Stationen dieses Verhalten nicht ausgeprägt ist.

2) Windstärke und Luftdruck.

Weiter tritt deutlich eine regelmässige Abnahme der Windstärke mit zunehmendem Barometerstande zu Tage, während dieselbe mit Annäherung an das Centrum der Cyklone bis zu einer bestimmten Grenze wächst, um das Maximum nahe dem Centrum zu erreichen. Im Mittel genommen ist bei allen Stationen die Windstärke im Sommer kleiner als im Winter, in den Cyklonen grösser als in den Anticyklonen.

Das Minimum der Luftbewegung tritt allenthalben im centralen Raum der Anticyklonen ein, ebenfalls prägt sich die Kalme im Centrum der Depression aus, wenn man von den wenigen Fällen von Karlsruhe und Höchenschwand absieht.

Die Ausnahme bei der Schneekoppe während der Winterzeit stammt entweder von der geringen Anzahl der Beobachtungsfälle her, oder aber ist auf eine Deformation der Cyklonen mit der Höhe zurückzuführen.

Hieraus ergeben sich folgende Sätze:

11) Die grössten Windstärken treten bei den Landcyklonen im W-Quadranten, bei den Küsten- und den der Küste näher gelegenen Orten im S-Quadranten auf; bei den Anticyklonen jedoch auf der Vorderseite.

12) Die Windstärke ist im Winter grösser als im Sommer, in den Cyklonen grösser als in den Anticyklonen.

13) Die Windstärke nimmt ab mit zunehmendem Barometerstande, und umgekehrt wächst sie bis zu einer gewissen Grenze mit abnehmendem Barometerstande.

Digitized by Google

IV. Mechanische Theorie der Cyklonen und Anticyklonen.

(Tabelle 9, Tafel IV).

1) Theoretische Erörterungen der Fortpflanzung der Cyklonen.

Versuchen wir weiter das aus obigen Diskussionen gefundene Verhalten der Ablenkungswinkel im Vereine mit den früheren Arbeiten auf die Fortbewegung der Cyklonen anzuwenden.

Nach der in Sprung's[101]) Lehrbuch vertretenen Ansicht kann die Fortpflanzung derselben erfolgen, wenn an der Vorderseite eine ausströmende, an der Rückseite eine einströmende Bewegung der Luft stattfindet.

Herr Köppen[102]) hat aus den Grundgleichungen von Guldberg und Mohn für die excentrischen Cyklonen abgeleitet, dass die Geschwindigkeit des Einströmens ($v \cdot \cos \alpha$) an der Rückseite grösser als an der Vorderseite ist. In der Natur gehören vollkommen kreisförmige Cyklonen, bei denen die Temperaturvertheilung auf beiden Seiten gleich sein müsste, um keinen Anlass zur Fortbewegung zu geben, zu den äussersten Seltenheiten; vielmehr wird eine Depression, die an der Erdoberfläche nicht excentrisch gestaltet ist, sich in einer gewissen Höhe deformiren und eine excentrische[103]) Form annehmen.

Bekanntermeise hat Herr Sprung[104]) gegen die mechanische Theorie zur Zeit den Einwurf gemacht: „Am Orte des niedrigsten Druckes müsste statt Windstille eine der Richtung und Fortpflanzungsgeschwindigkeit gleiche Luftströmung vorhanden sein." Um diesem Einwurf zu begegnen, hat Herr Köppen[105]) ausser dem cyklonischen auch noch den sogenannten Fortpflanzungsgradienten eingeführt, welcher der mit grosser Geschwindigkeit west—östlich dahinfliessenden oberen Luftströmung entspricht; diese bewegt sich in Folge des grösseren Temperaturgradienten zwischen Pol und Aequator in der Winterzeit doppelt bis viermal so schnell als im Sommer.

Der zweite Einwurf des Herrn Sprung,[106]) wonach auf der Vorderseite Ausströmen der Luft, auf der Rückseite jedoch starkes Einströmen der Luft vorhanden ist, scheint durch die europäischen Cyklonen an der Erdoberfläche gerechtfertigt zu sein.

Es ist dies aber, wie wir früher sahen, eine Folge der Reibungsverhältnisse, wodurch sich auch die geringere Fortpflanzungsgeschwindigkeit derselben im Gegensatze zu den amerikanischen und Meercyklonen erklärt, indem durch Annäherung der Luftströmungen an die Gradientenrichtung auf der Vorderseite die treibenden im West-Quadranten einströmenden Lufttheilchen eine Verzögerung erfahren, was nothwendigerweise die Geschwindigkeit der Fortbewegung hemmt.

Fortbewegung und Höhe der Cyklonen; Ein- und Ausströmen. Für die Fortbewegung einer Cyklone ist nicht die Luftbewegung an der Erdoberfläche maassgebend, sondern diejenige in der Schicht mit der grössten Bewegungsenergie, d. h. mit dem grössten Produkt aus Geschwindigkeit und Dichtigkeit, weil in ihr die Zufuhr oder Abfuhr der Luft am schnellsten vor sich geht.

Nun beweisen unsere Messungen für Höchenschwand und die Schneekoppe in einer geringeren Höhe als die der Unterwolken eine starke Vergrösserung von α auf der Vorderseite (siehe auch Scheitelwerthe), welches auf ein zeitweiliges Ausströmen der Luft in jenen Höhen hinzudeuten scheint, während an der Rückseite die Luft lebhaft einströmt. Ersteres wird mit zunehmender Höhe stärker — vergl. Bewegung der Cirruswolken. Es wird daher in der Regel die Schicht des Ausströmens vorne die mächtigere sein. Herr Köppen[107]) weist darauf hin, dass die verschiedene Höhe der Wirbel einen bedeutenden Einfluss auf die Fortpflanzung derselben ausübt, indem dann die Schicht mit grösstem Einströmen eine Verlagerung nach oben bezw. unten erfahren kann und in Folge der Reibung an der Erdoberfläche, die ihrerseits die geringere Ablenkung der südöstlichen Luftströmungen bewirkt, auch jene der Erdoberfläche zunächst liegende Schicht das Uebergewicht erhält, womit eine westwärts gerichtete Bewegung verbunden sein wird; vorausgesetzt, dass nicht andere Kräfte, etwa der umgebende Luftdruck oder thermische Ursachen, die einzuschlagende Bewegungsrichtung noch intensiver beeinflussen.

Wir müssen also zunächst untersuchen, ob die ausströmenden Bewegungen in der Höhe der Schneekoppe thatsächlich vorhanden sind, indem wir die Geschwindigkeit des Windes in jener Höhe von der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Minima abziehen, denn die ermittelten Ablenkungswinkel stellen die Bewegung der Luft auf das fortschreitende Windsystem dar.

Herr Sprung[108]) hat im Kapitel über die Ortsveränderung atmosphärischer Wirbel eine ähnliche Konstruktion für die Cyklonen an der Erdoberfläche vorgenommen, indem er die Geschwindigkeit der Luft-

Digitized by Google

bewegung mit der fortschreitenden Bewegung des Minimums geometrisch zusammensetzte und nach dem Parallelogramm der Geschwindigkeiten die Resultirende ermittelte.

Wir haben nun für die Schneekoppe derartige Konstruktionen sowohl für den Winter als für den Sommer ausgeführt, indem wir den der betreffenden Gradientenrichtung und für die gleiche Periode bestimmten Ablenkungswinkel einführten und die entsprechende Geschwindigkeit der Luft für die Schneekoppe von der mittleren Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Minima abzogen.

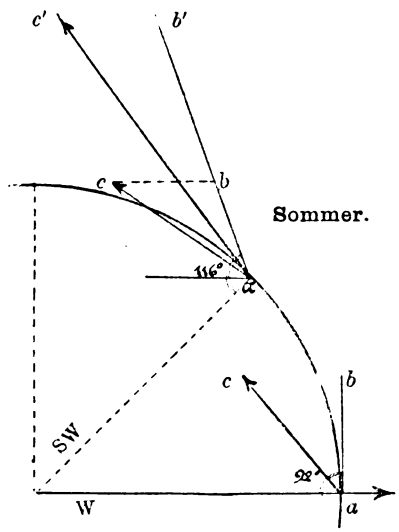
Die mittlere Fortpflanzungsgeschwindigkeit[109]) der europäischen Wirbel, die aus den Bewegungen von 1676 Minima in dem Zeitraum 1876—80 hergeleitet wurde, beträgt 7.4 m pro Sekunde. Die Windgeschwindigkeit bei den einzelnen Gradientenrichtungen für die Schneekoppe wurde aus den Schätzungen der Windstärke nach der von Herrn Köppen[110]) aufgestellten Formel ermittelt:

$$m = \beta\,(1.6 + 0.06\,.\,\beta),$$

worin β die betreffende Stufe der Beaufort-Skala bezeichnet.

Mittlere Windstärke und Geschwindigkeit auf der Schneekoppe 1886—90.

		Gradientenrichtung								Mittel
		N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	
Winter	Beaufort-Skala	5.8	5.1	4.4	4.5	4.7	5.2	6.6	6.9	5.33
	m pr. Sek.	11.3	9.6	8.1	8.4	8.8	9.9	13.2	13.8	10.23
Sommer	Beaufort-Skala	5.8	4.8	4.4	3.8	5.7	5.1	6.0	6.3	5.38
	m pr. Sek.	11.3	9.0	8.1	7.0	11.0	9.6	11.8	12.5	10.33

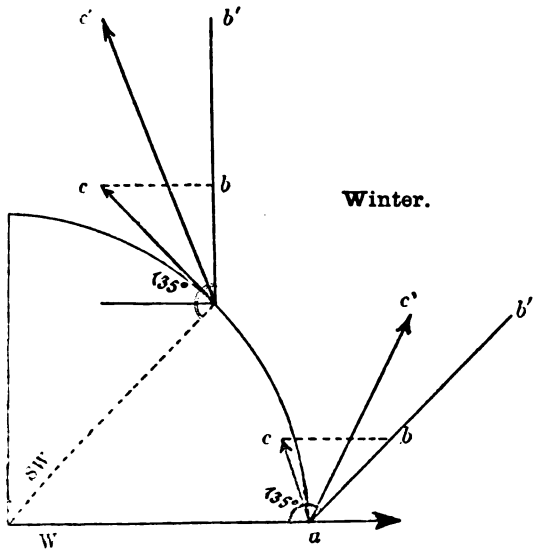


Von einer Wiedergabe dieser beiden Konstruktionen für sämtliche Gradienten-Richtungen kann hier abgesehen werden; denn uns interessirt nur das Verhalten der Ablenkungswinkel bei W und SW gerichteten Gradienten. Führen wir diese Konstruktion zunächst für die Mittelwerthe, etwa für den Sommer aus, so ersehen wir, dass bei der beobachteten Windgeschwindigkeit von 8.1 bezw. 7.0 m pr. Sek. die einströmenden Bewegungen erhalten bleiben. Wenn wir aber die Geschwindigkeit der Luftbewegung vergrössern, z. B. bis auf 20 m pr. Sek., eine Geschwindigkeit, die in den höheren Luftschichten wohl meist vorkommt, so tritt an der NE-Seite, also bei SW gerichteten Gradienten, Ausströmen ein, während bei westlichen Gradienten des kleinern Ablenkungswinkels wegen die einströmenden Bewegungen erhalten bleiben.

Verhalten der Scheitelwerthe. Noch weitere Aufschlüsse über die Konstitution der Cyklonen gewährt uns das Verhalten der Scheitelwerthe, da ja die Mittelwerthe durch Extreme bekanntermeise mehr oder weniger eine Abschwächung erfahren. Es wird daher noch von besonderem Interesse sein, die obige für die Mittelwerthe ausgeführte Konstruktion auch für die Scheitelwerthe bei W und SW gerichteten Gradienten vorzunehmen, deren Winkel für den Winter bei etwa 135° liegen. Die Konstruktion lässt nun erkennen, dass selbst bei der mittleren Windgeschwindigkeit von 8.4 m pr. Sek. bei SW gerichteten Gradienten die Luft ausströmt; nehmen wir jedoch Bewegungen von 20 m pr. Sek. an, so ist das Ausströmen ein energisches und ebenfalls tritt dasselbe bei W gerichteten Gradienten ein. Tabelle 7 zeigt uns auch die Anwesenheit von mehreren Scheiteln bei SW- bis W-Gradienten; diese lassen demnach erkennen, dass in jenen Höhen sowohl das Einströmen als auch das Ausströmen der Luft an der Vorderseite der Cyklonen und umgekehrt an der Rückseite der Anticyklonen mit einander abwechseln.

Weiter berechtigen sie zu dem Schlusse, die Höhe der Minima und Maxima als eine schwankende anzunehmen. Bei Einströmen (Cyklonen) oder Ausströmen (Anticyklonen) auf Vorder- und Rückseite dürfte die Axe der Cyklone bis in grössere Höhen als die der Schneekoppe ragen, während bei Ausströmen im W-

Digitized by Google



Quadranten die Axe unterhalb der Schneekoppe liegt. Dadurch findet die Häufigkeit des Vorkommens von α bei den verschiedenen Winkelgrössen, deren Scheitel die Nachbarwerthe bedeutend überragt, eine Erklärung. Die am meisten vorkommenden Fälle sind jedoch starkes Ausströmen der Luft auf der Vorderseite — in Folge der verminderten Reibung und vermehrten Centrifugalkraft mit wachsender Höhe —, womit eine östliche Bewegung der Cyklonen verknüpft ist.

In Tafel IV, Fig. 35—36 ist die Luftbewegung um ein Minimum sowohl an der Erdoberfläche, wie sie aus den Beobachtungen für Breslau gewonnen wurde, als in der Höhe der Schneekoppe von 1600 m graphisch dargestellt. Fig. 36 dieser Tafeln stellt die gemessenen Winkelgrössen — Scheitelwerthe — in beiden Höhenlagen der Schneekoppe dar, während Fig. 35 nur eine schematische Darstellung ist, in welcher Auf- und Abströmen der Luft mit der Höhe, sowie die west—östliche Bewegung der oberen Luftschichten skizzirt wurde.

Für die Schneekoppe sind in dem einen Falle — Fig. 35 — die kleineren Scheitelwerthe, welche der grösseren Axenhöhe der Cyklonen entsprechen dürfen und auch an der Vorderseite Einströmen und damit weiteres Aufteigen der Luft nach sich ziehen, eingetragen, während Fig. 36, der die grösseren Scheitelwerthe zu Grunde liegen, bei geringerer Axenhöhe des Minimums das Ausströmen an der Vorderseite erkenntlich macht.

Die vorhergehenden Erörterungen dürften wohl zu dem Schlusse berechtigen, ein öfteres Ausfliessen der Luft an der Vorderseite der Cyklonen in der Höhe der Schneekoppe anzunehmen, welches gemäss der v. Bezold'schen [111]) Theorie als eine Folge der Zunahme der Windgeschwindigkeit und damit der Centrifugal-Beschleunigung anzusehen ist. Auch werden damit die Momente gegeben sein, die eine Verlagerung des Luftkörpers der Cyklone im west—östlichen Sinne bedingen, indem die Schicht des Ausströmens der Luft vorn die mächtigere ist, da das Ausfliessen der Luft schon in der geringen Höhe von 1.6 km beginnt. Je nachdem nun die Luft am intensivsten bei nach SW, W oder NW gerichteten Gradienten ausströmt (oder an der Rückseite bei entgegengesetzten Gradienten einströmt), wird die Bewegung des Minimums in nordöstlicher, östlicher oder südöstlicher Richtung erfolgen, worauf wir noch weiter unten zurückkommen werden.

Gegen den Einwurf, dass die Luft durch Auftrieb in Folge von lokalen Erwärmungen aufsteigt und vermöge Ansammlung in der Höhe zum Abfliessen gelangt (über dem Minimum ein Maximum), seien folgende Gründe geltend gemacht:

1) Hat Herr Hann [112]) aus den Beobachtungen der Sonnblick-Station unwiderleglich festgestellt, dass die höchste und tiefste Temperatur erst unmittelbar nach dem Luftdruck-Maximum und Minimum auftrat, in der ganzen Luftsäule einer Anticyklone es wärmer als in der einer Cyklone ist, was mit den Lehren der mechanischen Wärmetheorie vollkommen im Einklange steht; denn bei einem aufsteigenden Luftstrome in einem Minimum wird Arbeit geleistet, welche durch eine äquivalente Wärmemenge gedeckt werden muss, daher die Abkühlung, während im entgegengesetzten Falle die absteigende Luft durch Kompression eine Erwärmung erfährt. Die wissenschaftlichen Ballonfahrten [113]) der letzten Jahre haben die aus den Beobachtungen der Sonnblick-Station hergeleiteten Schlüsse aufs glänzendste bestätigt.

2) Ist es unmöglich, dass so relativ flache Luftscheiben,[114]) wie es die Cyklonen höherer Breiten sind, blos durch Auftrieb entstehen und fortwandern können. Bekanntlich zieht ein Schornstein nur dann, wenn seine Höhe vielmal grösser ist als sein innerer Durchmesser. Weiter ist es vom Standpunkte [115]) der Konvektionstheorie unerklärlich, dass die Wirbel bis ins Innere von Sibirien vordringen, wo die Temperaturen der Luft etwa —30° bis —40° sind und der Wasserdampfgehalt bis fast auf Null herabsinkt.

3) Erfolgt die normale Bewegung der Cirruswolken in cyklonischem Sinne, was nach Ferrel,[116]) dort, wo die ablenkende Kraft der Erdrotation kräftig zur Geltung kommt, unverträglich ist mit einem nach aufwärts gerichteten Gradienten.

Digitized by Google

4) Beginnt das Abfliessen der Luft in den Cyklonen, wie unsere Winkelwerthe zeigen, schon in der geringen Höhe von 1.6 km, welche im grellsten Gegensatze zu ihrem meist 1000 km betragenden Durchmesser steht.

5) Lehren die Messungen der Ablenkungswinkel über dem Meere wie an der Küstenstation Furnes ein oftmaliges Vorkommen der Bewegungen gegen den Gradienten.

	$\alpha < 90°$	$> 90°$	Summe
Furnes	542	307	849
Meercyklonen (nach Kassner)...	208	190	398

Die sogenannte „physikalische Theorie", wonach die Cyklonen durch Auftrieb entstehen und fortwandern, befindet sich nach diesen Erörterungen im schärfsten Gegensatze zu den Gesetzen der mechanischen Wärmetheorie; denn es vertragen sich die Lehren der mechanischen Wärmetheorie nicht mit einem relativ warmen Luftkörper in der ganzen Höhe der Cyklonen, der durch thermische Einflüsse einen Auftrieb der Luft fordert. Weiter lassen sich Bewegungen gegen den Gradienten niemals aus der unteren Druckvertheilung erklären; sie verlangen die Anwesenheit absteigender Ströme, die aus stärkeren in schwächere Gradienten übertreten.

Mit dieser Erkenntniss ist aber der Beweis geliefert, dass die grossen Cyklonen höherer Breiten nicht als vollständig selbständige Gebilde anzusehen sind, die lediglich aus thermischen Ursachen entstehen, vielmehr der Ursprung der Rotationsbewegungen in die oberen Luftschichten zu verlegen ist.

Temperatur- und Luftdruckvertheilung. Begünstigt wird das Fortschreiten der Cyklonen sowohl durch die horizontale Temperaturvertheilung — physikalische Theorie[117]) —, der man früher die Fortbewegung der Minima allein zuschrieb, indem auf der östlichen vorderen Seite warme wasserdampfreiche Luft, auf der westlichen, hinteren Seite hingegen kalte, relativ trockene Luft angesaugt wird, wodurch vorn eine Verminderung des Luftdrucks entsteht, als auch durch die Vertheilung des Luftdrucks in den oberen und unteren Schichten der Atmosphäre. Wir wollen an dieser Stelle nicht weiter darauf eingehen, weil es den Rahmen unserer Arbeit überschreiten würde und besser späteren Untersuchungen vorbehalten bleibt.

2) Prüfung der Theorie.

Sollten die im vorhergehenden Kapitel gemachten Annahmen richtig sein, wonach eine Verlagerung des Luftkörpers der Cyklonen in der Richtung des grössten Ausströmens der Luft erfolgen müsse, so könnte man umgekehrt aus Ablenkungswinkel, von 90° im West-Quadranten bei der Schneekoppe den Schluss ziehen, das Ausströmen erfolge auf der Westseite, indem die steilsten Gradienten dann auf der Ostseite liegen, mithin muss sich die Cyklone nach Westen bewegen.

Es wurde daher, um dieses Verhältniss näher zu prüfen, die Fortpflanzungsrichtung der Cyklonen sowohl bei $\alpha \geqq 90°$ als bei $< 90°$ ermittelt und zwar als maassgebend die Position von C für den Beobachtungstag und den folgenden um 7^a angenommen.

In Tabelle 9 sind die Minima, deren Ablenkungswinkel im West-Quadranten $\geqq 90°$ betrugen, sowohl nach der Richtung der Fortbewegung als auch der des Gradienten (S—E) angeordnet, wobei die gleichzeitige Lage der Anticyklonen mit berücksichtigt wurde; Tabelle 9b veranschaulicht die Zugrichtung der Cyklonen bei Winkeln $< 90°$ im West-Quadranten.

Betrachten wir die Fälle von $\alpha \geqq 90°$ bei gegen SE und E gerichteten Gradienten, unter Ausschluss der beiden nicht berücksichtigten, so ist eine westliche Bewegung derartiger Cyklonen nicht zu verkennen, denn von den 17 untersuchten Fällen weisen 11 westliche Fortpflanzung auf, während die übrigen 6 sich auf die anderen Richtungen vertheilen; auffallend gering ist die Zahl der Fälle des östlichen Fortschreitens (nur 3 Fälle), das doch sonst den europäischen Cyklonen eigen ist — vergl. Zugstrassen.

Wie die Positionen der Maxima angeben, können derartige Bewegungen sowohl bei Lagen dieser zur Rechten wie zur Linken vorkommen und ordnen sich die Fälle wie folgt an:

Maximum zur Rechten: 8, zur Linken: 9.

Ebenfalls macht sich bei südlichen Gradienten ein Ueberwiegen der nördlichen bezw. nordöstlichen Fortbewegung geltend, was zur Bestätigung der oben vertretenen Anschauung beiträgt.

Weiter ist charakteristisch das Verhalten der Zugrichtung der Cyklonen bei Ablenkungswinkel $< 90°$ im West-Quadranten der Schneekoppe; von den untersuchten 114 Fällen wiesen nur 2 Minima westliche Bewegungen auf.

Digitized by Google

Besonders interessant ist die Fortbewegung eines Minimums bei verschiedenen Ablenkungswinkeln. Am 19. Februar 1887 befand sich eine Depression über der Ukraine (Südrussland), während Maxima über Asien und der Adria lagerten; auf der Schneekoppe betrug bei gegen E gerichteten Gradienten $\alpha = 104°$. Am folgenden Tage finden wir um 7^a (Schneekoppe $\alpha = 59°$ bei E-Gradient) die Cyklone über Galizien, letztere war also in westnordwestlicher Richtung fortgeschritten, um am 21. ($\alpha < 90°$ bei E-Gradient) nach der Ukraine zurückzukehren.

3) Weitere Einwendungen gegen die thermische Fortpflanzung der Cyklonen.

Ausser den in den früheren Kapiteln bereits aufgeführten theoretischen Einwendungen, die durch Prüfung der Fortpflanzungsrichtung der Cyklonen auf's Beste bestätigt wurden, steht auch eine Anzahl Erfahrungssätze,[118]) welche man über die Fortbewegung der Minima aufgestellt hat, in direktem Widerspruche mit der sog. physikalischen Theorie.

Besonders widersprechend ist das unter den Sätzen 6 und 7 in Sprung's Lehrbuch[119]) aufgeführte Verhalten der Cyklonen, wonach dieselben im Sommer fast ausschliesslich die nach NE führenden Zugstrassen, in der kalten Jahreszeit und in den Frühlings- und Herbstmonaten hingegen die östlichen und südöstlichen Zugstrassen einschlagen.

Aus den vorhergehenden Erörterungen glauben wir nachgewiesen zu haben, dass das grösste Ausströmen einer Cyklone mit der Fortpflanzungsrichtung zusammenfällt; vergleichen wir nun die Zugstrassen der Minima mit dem grössten bezw. kleinsten Werthe von α, so erhält jene Behauptung noch eine weitere Bestätigung.

Für die westlich gelegenen Stationen Furnes, Aachen, Karlsruhe, Höchenschwand ist der Verlauf der Zugstrassen ein weit mehr östlicher, sowie zum Theil auch südöstlicher, als die mehr im Osten befindlichen Orte Breslau und Schneekoppe, was ebenfalls mit dem Verhalten von α für Höchenschwand (Maximum des Winkels bei NW- und W-Gradienten, Minimum bei S- und SE-Gradienten) und der Schneekoppe (Maximum bei W- und SW-, Minimum bei SE- und E-Gradienten) übereinstimmt.

Die freie und nicht durch lokale Ablenkungen beeinflusste Schneekoppe berechtigt natürlich zu weit allgemeineren Schlüssen betreffend die Windverhältnisse der mittleren Luftschichten, als das auf einem Plateau gelegene Höchenschwand. Bei der Schneekoppe ist ferner charakteristisch ein Wechseln des grössten Winkels α zwischen Sommer und Winter ausgeprägt; im Winterhalbjahre treffen wir das Maximum von α bei westlichen Gradienten, im Sommer hingegen bei südwestlichen an. Es müsste also in ersterer Jahreszeit ein vorwiegendes Wandern der Minima in östlicher bezw. südöstlicher Richtung erfolgen, im Sommer aber in nordöstlicher, was durch die allgemeinen Erfahrungsresultate[120]) eine vollständige Bestätigung findet.

Nach diesen Darlegungen haben wir uns das Fortschreiten[121]) der Cyklonen in der Weise zu denken, dass die auf der Rückseite in Folge stärkerer Gradienten beschleunigten einströmenden Luftmassen den ganzen Luftkörper gewissermaassen fortdrücken, indem ja, wie später gezeigt wird, in mittleren Höhen in der inneren Zone die einströmenden Bewegungen erhalten bleiben, während in der äusseren Zone die Luft lebhaft ausfliesst. Das verschiedenartige Ausströmen auf der Vorderseite bedingt auch die ungleiche Geschwindigkeit zwischen den amerikanischen, Meer- und europäischen Cyklonen. Die Ortsveränderung der Cyklone muss um so intensiver sein, je mehr die verschiedenen Luftschichten in gleichem Sinne wirken, d. h. je mächtiger die Schicht des Ausströmens vorne und die des Einströmens hinten ist, was nach Köppen auch die Ursache der grösseren Fortpflanzungsgeschwindigkeit der amerikanischen Cyklonen sein dürfte.

Wir sind daher berechtigt, nachstehende Sätze aufzustellen:

14) Die grossen Cyklonen mittlerer Breiten sind aus der Druckvertheilung an der Erdoberfläche allein nicht zu erklären.

15) Die Ursachen der Fortpflanzung der Cyklonen sind zum grössten Theile mechanischer Natur. Ihre Fortpflanzungsrichtung fällt mit der Luftströmung mit dem grössten Ablenkungswinkel zusammen; letztere liegt in der Regel über 1000 m.

16) Die Zugrichtung der Cyklonen ist für Europa aus dem Grunde im allgemeinen eine östliche, weil meist die ganze Luftsäule eines Minimums noch in Höhen von über 1000 m hinaufreicht, woselbst dann bis zur Region der Cirruswolken das grösste Ausströmen im E-, das grösste Einströmen im W-Quadranten stattfindet.

Digitized by Google

17) Ist in mittleren Höhen α auf der Westseite $> 90°$ (weht also die Luft im West-Quadranten aus der Depression heraus), so erfolgt die Bewegung des Minimums in westlicher Richtung.

18) Die in Europa bestehende Polartendenz der Cyklonen in der warmen und Aequatorialtendenz in der kalten Jahreszeit entspricht dem grössten Ausströmen der Luft bei der entsprechenden in die Fortbewegungslinie fallenden Gradientenrichtung auf der Schneekoppe.

4) Ursache der Aequatorial- und Polartendenz der Cyklonen; Fortpflanzung der Maxima.

Suchen wir die Ursachen der Fortbewegung der Minima in den Strömungen der oberen Luftschichten so erklärt sich ungezwungen das weit häufigere west—östliche Fortschreiten, ebenfalls die deutlich ausgesprochene grössere Intensität unserer Wintercyklonen.

Es wirft sich nun weiter die Frage auf, nachdem wir Seite 25 die Beziehungen zwischen dem Wechseln des Ablenkungswinkels und der Zugrichtung der Minima im Winter und Sommer gefunden haben: Wie sind jene zu erklären? Schon der oben erwähnte Widerspruch zwischen Satz 6 und 7[122]) lassen thermische Einflüsse über Europa selbst als Ursache der abweichenden Wanderung der Cyklonen in den beiden Jahreszeiten vollständig ausgeschlossen erscheinen. Ebenfalls sind Erdrotation und Reibungsverhältnisse in beiden Halbjahren gleich; die Centrifugalkraft wird in den Wintermonaten wegen des öfteren Vorkommens der tieferen Cyklonen im allgemeinen stärker sein als im Sommer, ob sie jedoch einen bestimmenden Einfluss auf obige Aenderung ausübt, erscheint fraglich.

Vergleicht man indess die Zugstrassen der barometrischen Minima[123]) im Januar und Juli mit der Zugrichtung der Cirruswolken[124]) in denselben Monaten über Europa, so ist ersichtlich, dass diese Bewegungen in dem gleichen Sinne erfolgen, also im Januar in südöstlicher bezw. ostsüdöstlicher, im Juli jedoch in nordöstlicher Richtung. Es erklärt sich das aus der oberen Druckvertheilung, wie dies die für die Höhe von 4000 m konstruirten Isobaren zeigen, indem in der kalten Jahreszeit in der Höhe relativ hoher Druck über dem atlantischen Ozean, in der warmen jedoch über dem Kontinente vorherrscht. Dadurch wird eine Verlagerung der stärkeren Gradienten nach der einen oder anderen Seite bewirkt, was eben die Aenderung in der Richtung der Zugstrassen zwischen Winter und Sommer hervorbringt.

Fortpflanzung der Maxima. Was nun die Bewegung der barometrischen Maxima anbelangt, so erfolgt dieselbe in östlicher wie in westlicher Richtung; jedoch überwiegt die östliche Fortpflanzung. Hier scheint es, als ob vor allem das Fortschreiten durch Ausbreitung stattfände, indem die westliche Anticyklone sowohl während der Sommermonate, wie im Winterhalbjahre ihre Luftmassen weiter gegen Osten verschiebt und ebenfalls die östliche, asiatische Anticyklone, welche an die kalte Jahreszeit gebunden ist, in gleicher Weise sich nach Westen ausdehnt, bezw. Ausläufer entsendet. Vergl. auch Seite 11.

II. Theil.

Vertheilung der Ablenkungswinkel und Windstärken bei verschiedenen Entfernungen vom Centrum der Luftdrucksysteme.

(Tafel V--VIII.)

I. Entfernung der Stationen vom Centrum der Cyklonen und Anticyklonen.

(Tabelle 10, Tafel V.)

Ehe wir unsere Arbeit als abgeschlossen betrachten können, müssen wir der Frage näher treten: wie verhält sich α bei zunehmender oder abnehmender Entfernung vom Centrum der Cyklonen und Anticyklonen? Denn es ist unerlässlich, das Verhalten des Ablenkungswinkels ausser in den betreffenden Zonen, welche ja nur ein relatives Bild gewähren können und keine Rücksicht auf die Grösse des Gradienten nehmen, auch bei den verschiedenen Abständen von dem Luftdrucksystem zu diskutiren.

Einer weiteren Anregung des Herrn Geheimraths v. Bezold verdanke ich es, gerade auf diesen Punkt aufmerksam geworden zu sein und daher unterzog ich mich gern der Mühe, wenigstens für einige Stationen die Entfernungen in km vom Centrum der Minima und Maxima nachträglich zu bestimmen. Derartige Messungen wurden an den Stationen Furnes, Breslau und Schneekoppe vorgenommen.

Digitized by Google

Bevor wir jedoch zu der Diskussion der Beziehungen der Ablenkungswinkel zum Abstande vom Centrum der Minima und Maxima übergehen, seien zunächst die mittleren Entfernungen für die beiden Stationen Furnes und Breslau in Tabelle 10 angeführt. Von der Bildung dieser Mittelwerthe für die Schneekoppe kann der geringen Entfernung dieser von Breslau wegen abgesehen werden. (Siehe Fig. 37—48.)

Beginnen wir mit den cyklonalen Richtungen, so liegen bei dem Küstenorte Furnes die Minima am weitesten bei südwestlichen Gradienten im Sommer, bei südöstlichen Gradienten im Winter, während für Breslau sich stets ein Maximum bei nordwestlichen Gradienten ausprägt. Letzteres ist auf die nordöstlich verlaufende Zugstrasse I[125]) sowohl in der warmen wie in der kalten Jahreszeit zurückzuführen.

Entsprechend des Seite 10 erwähnten Ueberwiegens der cyklonalen südöstlichen Gradienten in der Sommerzeit, finden wir für Breslau ein mittleres Minimum von 670 km Entfernung vom Centrum, was im engsten Zusammenhange mit der Zugstrasse V^{b}[126]) steht, die über Oesterreich nach dem finnischen Busen läuft und daher Breslau am nächsten gelegen ist. Im allgemeinen ergiebt sich ferner, dass bei nördlichen und westlichen Gradienten die Abstände vom Centrum der Cyklone grösser als bei südlichen und östlichen sind. Die Erklärung hierzu liefert die grössere Entfernung der nördlichen Zugstrassen im Vergleiche zu den südlichen.

Umgekehrt ist bei anticyklonalen Lagen das Centrum bei östlichen und südlichen Gradienten meist weiter entfernt als bei westlichen und nördlichen; besonders springt das Maximum bei E- und NE-Gradienten während der Sommermonate in die Augen, was seinen Grund in dem ausgedehnten atlantischen Hochdruckgebiet während der warmen Jahreszeit hat. NW- und W-Gradienten, bezw. bei Furnes S-Gradienten, weisen ein Minimum der Entfernung vom Centrum auf; es hängt dies mit der Entwickelung eines Maximums über dem centralen und südöstlichen Europa zusammen. Im Winter jedoch kehren sich die Verhältnisse um; die grösste Entfernung des Centrums bei westlichen bezw. südwestlichen Gradienten ist auf das asiatische Maximum zurückzuführen, das noch in grosser Entfernung seinen Einfluss geltend macht.

Was nun die einzelnen Positionen C_1, C_2, C_3, A_1 und A_2 anbelangt, so ergeben sich diese Unterschiede aus der Tabelle selbst und bedürfen keiner weiteren Diskussion. Weiter ist interessant, dass die mittlere Entfernung vom Centrum des Minimums während der Winterzeit grösser als während des Sommers ist, entgegengesetzt sind die Verhältnisse bei den Anticyklonen.

Besonders stark ist dies für die cyklonalen Werthe bei Breslau ausgeprägt, während bei dem Küstenorte die Unterschiede geringerer Natur sind.

In den Figuren 37—48 sind neben den Entfernungen vom Centrum der Cyklonen und Anticyklonen bei den verschiedenen Gradientenrichtungen und Luftdruckstufen auch die jeder Situation zugehörenden Ablenkungswinkel nebst Stärke der Luftbewegung eingetragen.

Während bei den Anticyklonen die der höheren Luftdruckstufe entsprechende geringere Entfernung mit nur wenigen Ausnahmen vorwiegt, ist dies bei den Cyklonen häufiger nicht der Fall, indem Position C_2 bezw. C_3 (besonders in der Sommerzeit) dem Centrum mehrfach näher gelegen ist als C_1 bezw. C_2, was eben von den verschieden vertheilten Fällen herrührt. Es erklärt sich dadurch die schon früher besprochene Ausnahme, dass nicht immer der niedrigen Luftdruckstufe der grössere Ablenkungswinkel entspricht, indem ja, wie die Messungen lehren, der verschieden vertheilten Fälle wegen öfter die nächst höhere Luftdruckstufe dem Centrum der Cyklonen näher gelegen ist und damit auch den grösseren Winkel nach sich zieht.

Daraus ergiebt sich die Nothwendigkeit, bei derartigen Untersuchungen nicht nur den Barometerstand, sondern auch die Entfernung vom Centrum des Luftdrucksystems zu berücksichtigen.

Für Furnes wurde ausserdem ein Versuch gemacht, die gleichen Luftdruckstufen durch Kurven mit einander zu verbinden. Hier springt der regelmässige fast kreisähnliche Verlauf von C_3 und ebenfalls A_1, A_2 (besonders bei östlichen Gradienten) in die Augen. Ersteres bestätigt auch Herr Kassner,[127]) der die Küstencyklonen in grösseren Dimensionen kreisähnlich ausgebildet fand. Dies hat seine Ursache in der geringen Reibung der Luft in den Küstencyklonen gegenüber den Landcyklonen, sowie bei den Maxima in den westlichen Lagen derselben. Für Breslau konnte ein derartiger Versuch nicht gemacht werden, weil der Kurvengang sich als viel zu unregelmässig erwies. Hier sind es die orographischen Einflüsse, welche die Luftdrucksysteme stark deformiren.

Als allgemeinen Schluss dürfen wir aussprechen:

19) Die mittlere Entfernung der Cyklonen-Centren von den betrachteten Stationen ist im Winter grösser als im Sommer, und umgekehrt die der Anticyklonen-Centren im Winter kleiner als im Sommer.

Digitized by Google

II. Cyklonen.

(Tabelle 11—15, Tafel VI—VII.)

1) Vertheilung der Fälle bei den verschiedenen Gradientenrichtungen für die einzelnen Entfernungen.*)

(Tabelle 11—12.)

In Tabelle 11 sind für die Cyklonen die einzelnen Beobachtungen ihrer Häufigkeit nach sowohl bei den verschiedenen Gradientenrichtungen, als auch zusammengefasst in Zonen von 222 km Breite angeordnet.

Aus dieser Zusammenstellung ist ersichtlich, dass das Maximum der Häufigkeit für die Küstencyklonen sich mehr nach innen verschiebt — siehe Furnes — und umgekehrt, das für die Landcyklonen mehr nach aussen — siehe Breslau.

Tabellen 10 und 11 gewähren eine weitere Auskunft über das Verhalten der Windgeschwindigkeit; denn in der Sommerzeit ist sowohl die mittlere Entfernung vom Centrum der Cyklonen geringer, als auch die Häufigkeit der Fälle unter 1110 km im Vergleiche zu der kalten Jahreszeit meist grösser, womit eine Zunahme der Windgeschwindigkeit verbunden sein wird, da mit abnehmender Entfernung der Cyklonen die Windstärke bis zu einer gewissen Grenze wächst.

In Tabelle 12 endlich sind die Fälle in Abständen von 222 km nach den einzelnen Zonen C_1, C_2, C_3 unterschieden. Wie nicht anders zu erwarten war, verschiebt sich das Maximum der Häufigkeit mit zunehmendem Barometerstande nach aussen hin. Weiter ist ersichtlich, dass auch bei relativ hohem Barometerstande das Vorkommen geringer Entfernungen vom Centrum der Minima häufig ist — vergl. Position C_3.

2) Ablenkungswinkel; Strömung der Luft in den Cyklonen.

(Tabelle 13—14.)

Weit genauere Auskunft über das Verhalten der Richtung und Stärke der Luftbewegung in den einzelnen Theilen der Cyklonen gewähren Tabelle 13—14, in welchen die mittleren α und Windstärken von 222 zu 222 km bei den verschiedenen Gradientenrichtungen für die Stationen Furnes, Breslau und Schneekoppe berechnet wurden.

Wir wollen für Furnes von den Fällen, deren Entfernung > 1776 und die Schneekoppe > 1554 absehen, da 1) derselben zu wenig sind, 2) die Entfernung vom Centrum des Minimums zu gross und damit leicht Veranlassung zum Entstellen der wirklichen Resultate geben können. Die denselben Gradientenrichtungen zugehörigen Jahreswerthe ein und derselben Vertikalreihe wurden nach der bekannten Formel $\frac{a+2b+c}{4}$ ausgeglichen; in derselben bezeichnet b den betreffenden Werth, c und a die beiden Nachbarwerthe. Weiter wurden sowohl für die beiden Jahreszeiten, als auch für die Jahre die einzelnen Winkel nebst Stärkegraden der Beaufort-Skala in ihren Abständen von je 222 km vom Centrum der Cyklonen graphisch aufgetragen, und um die Bewegung der Lufttheilchen besser verfolgen zu können, aus den ersteren die Windbahnen konstruirt. Auch hier ist wieder zu erwähnen, dass bei der Schneekoppe die Winkelwerthe sich auf die Isobaren im Meeresniveau beziehen.

a) Zone der grössten und kleinsten Winkel. Schon Toynbee[128]) weist darauf hin, dass α mit der Annäherung an das Centrum der Cyklonen abnimmt, was ebenfalls Kassner[129]) bestätigte, indem er für die Küstencyklonen die grössten Winkel in einem Abstande von etwa 800—900 km fand.

Auch wir treffen bei einem Vergleiche der gemessenen mittleren Winkelgrössen mit der Annäherung an das Centrum fast stets eine Verringerung an, dessen Maximum, wie aus Tabelle 13 erhellt, für die Küsten- und Landcyklonen bei 444—666 km liegt, während sich die geringsten Werthe entweder in unmittelbarer Nähe des Centrums oder aber in grosser Entfernung > 1110 km befinden. Bei der Höhenstation Schneekoppe jedoch liegen die Verhältnisse anders; hier begegnen wir den Minima und Maxima in zwei direkt aufeinander folgenden Zonen, dem ersten in 444—666 km, dem letzten in 666—888 km Entfernung.

b) Bewegung der Luft in den Land- und Küstencyklonen. Mit Guldberg und Mohn[130]) unterscheiden wir zwei Zonen, eine äussere, in welcher der Luftstrom sich mit unveränderlicher Höhe bewegend gedacht werden kann und eine innere Zone, in der die Luft wesentlich eine aufsteigende Bewegung

*) Bei dieser Bearbeitung konnten natürlich die Fälle von C_1 die den Abständen von 0—222 km entsprechen, mit verwendet, die mit negativem Winkel mussten indess sämtlich ausgeschlossen werden, so dass die Anzahl der benutzten Werthe für den II. Theil nicht ganz gleich der im I. Theil ist. Das Gleiche gilt für die Anticyklonen (Tab. 16).

Digitized by Google

erfährt, also mit einem horizontalen Strome verglichen werden kann, der sich mit wachsender Höhe bewegt. In den graphischen Darstellungen (Fig. 49, 50, 55, 56) ist jene Zone der grössten α entsprechend gekennzeichnet.

Gemäss dem Guldberg-Mohn'schen Resultate treffen wir ein Maximum von α in einem Abstande von 444—666 km; von dort nimmt die Winkelgrösse nach innen wie nach aussen bis 1110 km gleichmässig ab. Besonders scharf ist jenes Verhalten bei Furnes ausgeprägt, während Breslau mehrfache Ausnahmen zeigt. Es ist naturgemäss, dass eine Cyklone an der Küste der geringeren Reibung wegen sich dem theoretischen Ergebnisse mehr nähert, während auf dem Lande die topographischen Einflüsse die Cyklonen leicht deformiren.

Für die Küstencyklonen (Fig. 49, 50, 55, 56) ist ersichtlich, dass nur an der Ostseite die Luft von aussen ins Centrum der Cyklonen gelangt, während sie auf der anderen Seite bis zu der Zone der grössten α vorwärts dringt. Jene heranströmende Luft kann natürlich nur durch eine vertikale Bewegung fortgeschafft werden, sodass wir daher in jener Zone das grösste Aufsteigen zu erwarten haben. Nach den Figuren 49, 50, 55, 56 (Furnes) strömt in dem äusseren Raum die Luft an der Südseite heran, um sich dann tangential anzuschmiegen; auf der Rückseite jedoch tritt fast kein Einströmen ein, sodass daselbst die Luft um die innere Zone rotirt.

Es wird daher auf der Südseite der Minima ein starkes Aufsteigen der Luftmassen eintreten müssen, auf der Rückseite hingegen werden die Tangentialkräfte dasselbe verhindern. In der inneren Zone nähert sich selbst im West-Quadranten die Luft dem Centrum.

Mit dieser Erkenntniss besteht aber auch die Möglichkeit einer getrennt axialen Bewegung[131]) zwischen der äusseren und inneren Zone wenigstens auf der Westseite, sodass sich also das eine System gewissermaassen um das andere herumbewegt. Damit würde in dem inneren und äusseren Raum ein getrennter Umlauf der Luft stattfinden, indem auch in der inneren Zone, um die Gleichgewichtsbedingungen zu erhalten, die Luft aufsteigen muss.

Bei den Landcyklonen, vergl. Breslau (Fig. 51, 52, 57, 58), liegen die Verhältnisse anders; hier verhindert die grössere Reibung die Ausbildung dieser getrennten Zonen; denn überall bewegt sich die Luft in spiralförmigen Linien direkt gegen das Centrum hin. Aus diesem Grunde wird sich die Zone des grössten Aufsteigens der Luft bei den Landcyklonen in eine geringere Entfernung, als es bei den Küstencyklonen der Fall ist, verlegen.

Diese getrennte axiale Bewegung wird sich der geringeren und auf allen Seiten gleichmässigeren Reibung wegen bei den Meercyklonen am besten ausbilden können, während für die Küstencyklonen die vom Lande herstammenden Winde jene Verhältnisse verwischen werden, daher besteht auch dieser sogen. Luftcylinder bei Furnes nur auf der Westseite (Fig. 49, 50, 55, 56), wo die Winde von der See herrühren.

c) Bewegung der Luft in mittleren Höhen (Schneekoppe). Bei diesen graphischen Darstellungen (Fig. 53, 54, 59, 60) für die Schneekoppe schien es zweckmässiger zu sein, die Zone der kleinsten α hervorzuheben, weil, wie früher erwähnt, die Luft auf der Vorderseite die Neigung hat, aus dem Minimum auszufliessen; eine einströmende Bewegung kann daher nur erhalten bleiben, wenn α den Betrag von 90° nicht erreicht.

In der inneren Zone (bezogen auf die Isobaren im Meeresniveau) haben wir es meist noch mit centripetalen Bewegungen — wenigstens in den schraffirten Theilen — zu thun, sodass daselbst die Rotationsbewegungen noch ziemlich erhalten bleiben; in grösseren Entfernungen vom Centrum jedoch erfolgt ein Ausströmen der Luft; wir werden also dort im Gegensatze zur inneren Zone schwächere Gradienten haben, wodurch die aus den Rotationsbewegungen entspringende Centrifugalbeschleunigung (immer vorausgesetzt, dass die eigentliche Energiequelle in der oberen Luftdruckvertheilung zu suchen ist), begünstigt durch die geringere Reibung in den höheren Luftschichten, die Luft im Ost-Quadranten zum Abfliessen bringt. Auf der Westseite jedoch bleiben der stärkeren Gradienten und der damit beschleunigten Luftmassen wegen die einströmenden Bewegungen erhalten.

d) Konstitution der Cyklonen nach den Messungen an der Erdoberfläche und in mittleren Höhen. Aus den Erörterungen des letzten Abschnittes dürfte die Auffassung naheliegend sein, den inneren Theil einer Cyklone als ein ziemlich abgeschlossenes Luftquantum mit eigner Rotation, das von der

Digitized by Google

allgemeinen Strömung fortgetragen wird, anzusehen. Die Bewegung der Luft von der Peripherie der Cyklone bis zum Centrum spiralförmig anzunehmen, scheint nicht erfüllt zu sein; es dürfte daher unwahrscheinlich sein, dass Luft der äusseren Zone bei symmetrisch gebildeten Cyklonen in den inneren Theil gelangt. Vielmehr ist das Vorhandensein eines Luftcylinders mit eigner Rotation wahrscheinlich und zwar in der Weise, dass an den Küsten und auf dem Meere die Zone mit grössten α, in mittleren Höhen mit kleinsten α gewissermaassen einen Mantel bildet, um den sich die äussere Luft herumbewegt. Auf dem Lande jedoch zerfällt der orographischen Hindernisse wegen dieser Luftcylinder, sodass sich die Lufttheilchen von allen Seiten gegen das Centrum in spiralförmigen Linien nähern können.

In Figur 61, Tafel VII, ist ein Versuch gemacht, aus den Messungen für Furnes und Schneekoppe die vertikalen und horizontalen Stromlinien in dem Luftkörper einer Cyklone zu konstruiren, jedoch unter der Annahme, dass die Strömungsverhältnisse der Luft in einer Höhe von 1600 m über Furnes ähnliche wie bei der mehr östlich gelegenen Schneekoppe sind, was wohl der Fall sein dürfte, da nur die Reibung an der Erdoberfläche die Cyklonen mehr oder weniger deformirt.

Die ausgezogenen Pfeile stellen die oberen Luftschichten dar, durch welche die Cyklonen angesaugt und weiter getragen werden. Die beiden inneren Zonen, in welchen nach unseren Messungen Einströmen an der Erdoberfläche auf der Vorderseite, in mittleren Höhen aber auf der Rückseite von aussen erfolgt, sind durch die beiden stark ausgezogenen Ellipsen gekennzeichnet; ebenfalls ist der sogen. Luftcylinder an der Erdoberfläche auf der Rückseite, in mittleren Höhen auf der Vorderseite durch eine vertikale Linie angedeutet. Der allmähliche Uebergang mit zunehmender Höhe der tangentialen Bewegung in centripetale auf der Westseite und der centripetalen in centrifugale auf der Ostseite in der äusseren Zone ist durch die ausgezogenen bezw. gestrichelten Pfeile hervorgehoben.

Allerdings kann man sich des Eindruckes nicht erwehren, dass nach diesen Zeichnungen die Strömungsverhältnisse in unseren Cyklonen ausserordentlich verwickelte sind, zumal wenn man bedenkt, dass auch thermische Ursachen ihre Einflüsse geltend machen.

e) Ablenkungswinkel auf 4 Quadranten reduzirt. Um die Beziehungen der Grösse der verschiedenen Ablenkungswinkel zum Abstande des Centrums der Cyklonen noch in anderer Weise zu beleuchten, wurde eine Reduktion der Winkel auf die 4 Hauptrichtungen der Windrose vorgenommen. (S. Tabelle 14.)

Sieht man von den Fällen $>$ 1554 km ab, so ergiebt sich bei den Küsten- und Landcyklonen für den Süd- und West-Quadranten Maxima in 444—666 bezw. 666—888 km Entfernung, von welcher Zone die Winkelgrösse sowohl nach innen als nach aussen kleiner wird. Im Ost-Quadranten treten zwei deutlich ausgesprochene Maxima hervor, wovon das eine in unmittelbarer Nähe des Centrums, das andere in grosser Entfernung von 1110—1332 km liegt. Bei dem Nord-Quadranten jedoch weisen Küsten- und Landcyklonen grössere Verschiedenheiten von einander auf; bei den Küstenminima nimmt die Winkelgrösse von 1110 bis 1332 km bis in die Nähe des Centrums ziemlich gleichmässig ab, bei den Landminima hingegen treffen wir mehrere Maxima und Minima ungleichmässig vertheilt an.

Die Höhenstation Schneekoppe zeigt für das Winterhalbjahr in einer Entfernung von 666—888 km ein charakteristisches Maximum im Ost-Quadranten von $>$ 90° (111°), was auf das grösste Abfliessen der Luft in dieser Zone schliessen lässt; im Sommerhalbjahre jedoch tritt, wie wir früher sahen, das grösste Ausfliessen der Luft bei südwestlichen Gradienten ein, infolgedessen sich in jener Jahreszeit das Hauptmaximum von α auf den Nord-Quadranten verschiebt. Im Uebrigen liegen in der Zone von 666—888 km die grössten Winkelwerthe, während die kleinsten sich in einer Entfernung von 444—666 km und in unmittelbarer Nähe des Centrums befinden.

f) Strömungsverhältnisse in den Cyklonen und Niederschlag. Für die Entstehung der Niederschläge lassen sich auch einige wichtige Beziehungen aus den vorhergehenden Erörterungen ableiten.

In der Zone des grössten Aufsteigens der Luftmassen wird aus theoretischen Gründen das Maximum der Kondensation zu erwarten sein, für die Küstencyklonen ist dies in einer mittleren Entfernung von ca. 600 km (s. Seite 29) der Fall. Auf dem Lande jedoch tritt mit der Deformation der Cyklone ebenfalls eine Veränderung der Zone des grössten Aufsteigens der Luft ein. Wandert jene Zone dem Centrum näher, oder entfernt sie sich, so wird damit eine Verringerung bezw. Ausbreitung der Zone des Regenmaximums zu erwarten sein, wodurch der öfters betonte Zusammenhang[132]) zwischen der Fortbewegung der Cyklonen und der Kondensation seine Erklärung finden dürfte.

Digitized by Google

Es wird daher, je nachdem ob eine Cyklone sich über der See oder dem Lande bewegt, eine Ausbreitung oder Verringerung der Regenzone verbunden sein.

Was nun das entgegengesetzte Verhalten des meisten Regens[133]) bei steigendem oder fallendem Barometer für die verschiedenen Gegenden anbelangt, so ist dies ebenfalls eine Folge der verschiedenen Reibungswiderstände. Bei den Küstencyklonen (siehe Furnes) verhindern die auf der Rückseite stark entwickelten Tangentialkräfte die aufsteigende Bewegung der Luftmassen; es werden daselbst die mit Wasserdampf beladenen Westwinde weit weniger Niederschlag bringen als die zum Aufsteigen gezwungenen Süd- und Südwestwinde — grösster Regenfall bei fallendem Barometer. Dieselben Westwinde können jedoch auf dem Lande der einströmenden Bewegung wegen leichter aufsteigen, wodurch sich ihre Wirkung verdoppelt, indem sie einmal mehr Wasserdampf mit sich führen, als die kontinentalen Süd- und Südostwinde, dann aber durch die orographischen Verhältnisse gezwungen werden, noch mehr emporzusteigen — grösster Regenfall bei steigendem Barometer. Diese Behauptung wird auch durch die Erfahrung bestätigt, indem in Westeuropa, z. B. Valencia, Kew, Paris (Verhältnisszahlen $\frac{\text{Regenmenge bei fallendem Barometer}}{\text{Regenmenge bei steigendem Barometer}}$ 2.21, 2.01, 1.49) der meiste Regen bei fallendem Barometer, hingegen im Osten Wien, Prag (Verhältnisszahlen 0.86, 0.73) bei steigendem Barometer niedergeht.

Weiter findet die geringere Regenmenge der Küsten- und Meercyklonen im Vergleiche zu den Landminima dahin ihre Begründung, indem der geringeren Reibung wegen (abgesehen von orographischen Einflüssen, welche ein Aufsteigen der Luft auf mechanische Weise bedingen) die Centrifugalkraft die Luft am Emporsteigen hindert.

Die im Volksmunde verbreitete Ansicht, der Wind an den Küsten verscheuche den Regen und trage ihn landeinwärts, erklärt sich ebenfalls aus der zunehmenden Reibung über dem Festlande, wodurch die Strömung der Luft dem Gradienten genähert wird und damit wieder aufsteigen kann.

Die Beziehungen der Strömungsverhältnisse in den Cyklonen zu dem Kondensationsprozess lassen sich noch weiter verwenden auf die gefährlichen Minima der Zugstrasse V^b; bekanntermeise haben nicht alle Depressionen dieser Zugstrasse starke Niederschläge zur Folge. Untersuchungen*) in dieser Hinsicht würden wahrscheinlich Aufschluss über die Konstitution und Strömungsverhältnisse dieser Depressionen geben und damit Anhaltspunkte über etwa zu erwartende Katastrophen gewähren. Namentlich erscheint es wichtig, das Verhalten der Ablenkungswinkel bei den beiden verschiedenen Arten der Minima, nämlich für solche, die grosse Niederschläge mit sich bringen, und umgekehrt, die keine Ueberschwemmungen zur Folge haben, genau zu studiren und daraus Schlüsse für die Praxis abzuleiten.

3) Windstärke.

(Tabelle 15.)

Wir kämen nunmehr zu den Beziehungen der Windgeschwindigkeit mit Annäherung an das Centrum der Cyklonen, deren Resultate in Tabelle 15 niedergelegt sind.

Jene Zusammenstellung zeigt für sämtliche Cyklonenarten zwei ziemlich deutlich ausgesprochene Maxima und Minima; die Windstärke nimmt zu von der Peripherie der Cyklone bis zu einer gewissen Grenze, um dann abzunehmen und in einer geringeren Entfernung ihr zweites Maximum zu erreichen. Charakteristisch ist weiter bei der Schneekoppe die ausserordentlich starke Abnahme der Windgeschwindigkeit in unmittelbarer Nähe des Centrums, welche, wenn von den Fällen > 1554 km abgesehen, zum Hauptminimum wird, während bei den Landcyklonen nur eine unbedeutende Verringerung der Windstärke in der Nähe des Centrums sich bemerkbar macht.

Eine weitere Eigenthümlichkeit besteht in einem Hinausschieben der Maximalstärke während der Sommerzeit, welches wir bei den Cyklonen über dem Lande und in mittleren Höhen beobachten können.

Als Sätze lassen sich aus diesem Abschnitte wie folgt aufstellen:

20) Bei den Land- und Küstencyklonen treten die grössten Winkel in 444—666 km und 1110—1554 km Entfernung auf; die kleinsten in unmittelbarer Nähe des Centrums und je nach

*) Wie z. B. die Wetterkarte am 30. Juli 1897, dem Tage der bekannten grossen Hochwasserkatastrophe in Schlesien zeigt, lag eine flache, kreisförmig ausgebildete Depression über Nordösterreich; Winkelmessungen, die ich an derselben vornahm, ergaben auf allen Seiten Ablenkungswinkel von etwa 60—70°, welche auf ein gleichmässiges Einströmen und damit auch Aufsteigen der Luftmassen schliessen lassen.

Digitized by Google

der Cyklonenart bei Landcyklonen in 1110—1332 km, bei Küstencyklonen in 1554—1776 km Entfernung.

21) In mittleren Höhen hingegen weist die Zone von 444—666 km ein Hauptminimum auf; von dort nimmt die Winkelgrösse sowohl nach innen, wie nach aussen zu und erreicht in der Entfernung von 666—888 km ihr Hauptmaximum, um mit Annäherung an die Peripherie der Cyklone abermals abzunehmen.

22) Bei den Cyklonen der Küste und in mittleren Höhen bildet die Zone der grössten und kleinsten α in 444—666 km Entfernung die Grenze eines Luftcylinders, um den sich die äussere Luft spiralförmig bewegt; auf dem Lande jedoch zerstören die orographischen Hindernisse denselben.

23) Bei den Küstencyklonen tritt in dem äusseren Raum das grösste Aufsteigen der Luft auf der Südseite ein, während auf der Rückseite die Tangentialkräfte dasselbe verhindern. Bei den Landcyklonen hingegen, bei welchen bis zum Centrum die Luft spiralförmig einströmt, verlegt sich das grösste Aufsteigen in geringere Nähe des Centrums. Eine Verschiebung des Regenmaximums ist die Folge der Deformation auf dem Lande.

24) In mittleren Höhen bleiben in der inneren Zone die centripetalen Bewegungen grösstentheils noch erhalten; in der äusseren Zone erfolgt auf der Vorderseite ein energisches Ausströmen.

25) Hinsichtlich der einzelnen Jahreszeiten weisen die verschiedenen Zonen bei den Cyklonen über dem Lande, sowohl an der Erdoberfläche als in mittleren Höhen Verschiebungen auf, während bei den Küstencyklonen die Zu- und Abnahme der mittleren Winkel α im Sommer- und Winterhalbjahre in fast gleicher Weise erfolgt.

26) Das im Theile I ausgesprochene Wechseln des grössten Ausströmens zwischen Sommer und Winter bei der Schneekoppe und die damit zusammenhängende Veränderung der Fortpflanzungsrichtung der Cyklonen, trifft auch für die einzelnen Abstände vom Centrum zu, indem (jedoch vorwiegend in der äusseren Zone) im Winterhalbjahre das grösste Ausfliessen bei W-, im Sommerhalbjahre bei SW-Gradienten eintritt.

27) Die Geschwindigkeit des Windes wächst sowohl mit zunehmender Entfernung von der Peripherie wie von dem Centrum der Cyklonen und erreicht zwei Maxima, wovon das eine in der Nähe des Centrums, das andere, je nach der Cyklonenlage zwischen 900—1300 km liegt. Im Sommer macht sich ein Hinausschieben des in der Nähe des Centrums gelegenen Windstärkemaximums bemerkbar.

III. Anticyklonen.

(Tabelle 16—20 und Tafel VIII.)

1) Vertheilung der Fälle bei den verschiedenen Gradientenrichtungen für die einzelnen Entfernungen. (Tabelle 16.)

In derselben Weise wie wir die Luftbewegung um ein barometrisches Minimum untersucht haben, wollen wir dieselbe um ein Maximum für die verschiedenen Stationen näher betrachten. Zunächst sei wiederum eine Uebersicht der Vertheilung der einzelnen Fälle in Abständen von 222 km vom Centrum der Anticyklonen in Tabelle 16 vorausgeschickt.

Jene Zusammenstellung lehrt bei allen Anticyklonengruppen das häufigste Vorkommen in Abständen von 444—666 km und 888—1110 km, während sowohl nach dem Centrum wie der Peripherie der Maxima die Häufigkeit der beobachteten Fälle ziemlich gleichmässig abnimmt. Die vielen Häufigkeitswerthe in Abständen > 2664 während der warmen Jahreszeit im Vergleiche zu der kalten, ist auf die schon öfters betonte Ausdehnung des atlantischen Hochdruckgebietes (östlich bezw. nordöstlich gerichtete Gradienten) zurückzuführen. Das Weitere dürfte aus der Tabelle selbst verständlich sein.

2) Ablenkungswinkel. Strömung der Luft in den Anticyklonen.

(Tabelle 17—18.)

Die nächstfolgende Tabelle 17 führt uns in der gleichen Weise wie bei den Minima die mittleren α in den verschiedenen Entfernungen vom Centrum der Anticyklonen vor. Diesen weit grösseren Luftdruckgebilden entsprechend, ist die Vertheilung der Winkel weit unregelmässiger und selbst die Mittel in den ver-

Digitized by Google

schiedenen Abständen weisen noch manche Ungleichheiten auf. Um einen ruhigeren Gang zu erzielen, wurden daher die Jahreswerthe für die einzelnen Gradientenrichtungen nach der Formel $\frac{a+2b+c}{4}$ ausgeglichen. (Siehe Tabelle 18.)

a) Grösste und kleinste Winkel. Von den Fällen, deren Entfernung >2220 km beträgt, wollen wir bei der Diskussion absehen. Die grössten Winkel treffen wir bei den Küsten- und Landmaxima im Winter in der zweiten Zone und in Entfernungen von >1554 km, also an der Peripherie der Anticyklonen an; im Sommer jedoch verschwindet das erste Maximum vollständig, was noch einer näheren Erklärung bedarf. Wahrscheinlich dürfte dies in der Veränderung der Höhe und Lage der Anticyklonen zu suchen sein. Die kleinsten Winkel hingegen liegen meist in unmittelbarer Entfernung des Centrums und in der Zone von 666—888 km (siehe auch ausgeglichene Zahlen), also dort, wo bei den Cyklonen die Maxima sind.

Bei der Schneekoppe hingegen sind die Verhältnisse ganz anders, hier begegnen wir in einer Entfernung von 666—888 km, wo die Land- und Küsten-Anticyklonen ein Minimum der Winkelgrösse aufweisen, den grössten α, sowie einem zweiten Maximum in der Zone von $1998-2220$ km, während Minima in nächster Nähe des Centrums und je nach der Jahreszeit 888—1554 km entfernt liegen. Weiter verschieben sich im Gegensatz zu Furnes und Breslau die Maxima während der Sommerzeit mehr nach innen.

b) Bewegung der Luft in den Anticyklonen. In der gleichen Weise wie bei den Cyklonen wurde auch bei den Maxima die Bewegung der Luft um das Centrum derselben graphisch dargestellt und die Stromlinien ausgezogen. (Siehe Fig. 62—73.)

Besonders bemerkenswerth ist bei diesen Luftdruckgebilden die Thatsache, dass die Luft meist direkt von dem Centrum in spiralförmigen Linien abströmt und nicht, wie bei den Cyklonen, in dem inneren und äusseren Raume getrennte Rotationen bestehen. Dies dürfte auch dem allgemeinen Verhalten der Anticyklonen entsprechen, indem die grosse Ausdehnung derselben, sowie die entgegengesetzte Wirkung von Erdrotation und Centrifugalkraft das Zustandekommen stärkerer Rotationsbewegungen und damit auch die Ausbildung des sogen. Luftcylinders nicht zulässt; infolgedessen haben wir bei diesen Luftdrucksystemen nicht eine einfache Umkehrung der Strömungsverhältnisse von denen der Cyklonen, wie dies auch aus theoretischen[134]) Gründen hervorgeht.

Etwas eigenthümlich ist die fast vollkommen tangentiale Bewegung der Luft im Nord- und Ost-Quadranten bei Furnes während des Sommerhalbjahres (siehe Fig. 63); es sind dies West- und Nordwestwinde, welche dem Hochdruckgebiete, das während der warmen Jahreszeit über dem Atlantischen Ozean lagert, entspringen. Die Thatsache allein, dass diese Winde ihren Ursprung über dem Atlantischen Ozean haben und dadurch einer geringeren Reibung unterliegen, erklärt nicht die Grösse des Ablenkungswinkels, da diese Luftströmungen auf dem Ozean meist kleinere Winkel als 90° besitzen; vielmehr ist diese Erscheinung auf kräftige absteigende Ströme[135]) zurückzuführen, die in der Sommerzeit in Folge des lebhafteren vertikalen Luftaustausches hervorgerufen werden. Diese absteigenden Ströme bringen dann Luft aus grösseren Höhen und stärkeren Gradienten mit zur Erdoberfläche und erzeugen dadurch die grossen Ablenkungswinkel. In den Jahreswerthen, Fig. 68 (siehe auch ausgeglichene Zahlen, Fig. 69), tritt diese Tangentialbewegung mehr zurück.

In der Höhe der Schneekoppe hingegen verhalten sich, gerade wie bei den Cyklonen, die Strömungsverhältnisse ganz anders, als an der Erdoberfläche; hier strömt die Luft auf der Vorderseite lebhaft aus, während sie auf der Rückseite tangential rotirt, ja vielfach eine Neigung zum Einströmen hat. Ziemlich deutlich prägt sich an der Figur 67 des Winterhalbjahres die Deformation mit der Höhe aus, während die Jahreswerthe, Fig. 72, und vor allem die ausgeglichene Fig. 73 viel regelmässigere Strömungen zeigen.

Vergleicht man weiter die graphischen Darstellungen der Cyklonen, Fig. 53, 54, 59, 60, mit denen der Anticyklonen, Fig. 66, 67, 72, 73, so ist ersichtlich, dass die Tendenz des Einströmens der Luft an der Rückseite der Anticyklonen weit geringer ist, als das Ausströmen an der Vorderseite der Cyklonen, woraus erhellt, dass im Mittel die Maxima in grössere Höhen hinaufreichen als die Minima, ein Resultat, das auch durch die Ballonfahrten der letzten Jahre bestätigt wird.

Interessant ist ferner ein Vergleich zwischen Furnes, Fig. 62, 63, 68, 69, und der Schneekoppe, Fig. 66, 67, 72, 73; auf ersterer Station erfolgt das grösste Ausströmen bei nach SW—W, auf der Schneekoppe hingegen bei nach NE—E gerichteten Gradienten.

Digitized by Google

3) Windstärke.

(Tabelle 19—20.)

Was die Windstärke anbelangt, deren Ergebnisse in den Tabellen 19 und 20 zusammengestellt sind, so treten ähnlich, wie bei den Cyklonen, mehrere Minima und Maxima hervor; nur weisen Land- und Küsten-Anticyklonen einige Verschiedenheiten von einander auf.

Bei Furnes liegt das Maximum in grosser Entfernung vom Centrum; mit Annäherung an das Centrum verringert sich die Windstärke ziemlich gleichmässig. Bei Breslau hingegen treten mehrere Maxima und Minima charakteristisch hervor; im Innern der Anticyklone ist die Windgeschwindigkeit am geringsten, um von dort mit zunehmender Entfernung zu einem Maximum anzuwachsen, welches im Sommer mehr entfernt, im Winter jedoch näher liegt; von jener Zone an nimmt die Windstärke abermals ab, steigert sich wiederum und erreicht in der Nähe der Peripherie ihr zweites Maximum.

In der Höhe der Schneekoppe ist ebenfalls die Luftbewegung am geringsten im Innern der Anticyklone, um dann nach aussen hin zu einem Maximum schnell anzuwachsen, abermals abzunehmen und an der Peripherie der Anticyklonen ein zweites Maximum zu erreichen. Zwischen Sommer und Winter sind bezüglich der Lage der Maxima und Minima keine besondere Verschiebungen bemerkbar.

Auf eine weitere Eigenthümlichkeit möchte ich noch hinweisen, nämlich auf die Veränderung der Windgeschwindigkeit an den Grenzflächen des Ein- und Ausströmens der Luft, was ja auch die Ballonfahrten[136]) bestätigen, wenngleich dies aus den Mittelwerthen nicht so deutlich erkennbar ist. Die Windgeschwindigkeit nimmt ab, sobald in der inneren Zone Einströmen, in grösserer Entfernung Ausströmen eintritt, indem dann die Lufttheilchen in derselben Zeit einen breiteren Kanal zu durchlaufen haben; umgekehrt, treffen sich die Luftströmungen unter einem spitzen Winkel, so werden die Bewegungen des engeren Kanals wegen verstärkt.

Für das Verhalten der Luftströmungen in den Anticyklonen lassen sich folgende Sätze aussprechen:

28) Bei den Anticyklonen liegen sowohl an der Küste wie über dem Lande die kleinsten Winkel in unmittelbarer Nähe des Centrums, die grössten in der zweiten Zone und an der Peripherie.

29) In mittleren Höhen hingegen treten die grössten Winkel in Entfernungen von 666 bis 888 km und 1998—2220 km auf; die kleinsten in unmittelbarer Nähe des Centrums.

30) In den Land- und Küsten-Anticyklonen — bei letzteren jedoch nur im Winter — strömt von allen Seiten die Luft vom Centrum nach der Peripherie spiralförmig ab; weiter macht sich während des Sommerhalbjahres bei den Küsten-Anticyklonen eine Tangentialbewegung der Luft im Nord- und Ost-Quadranten bemerkbar.

31) In mittleren Höhen strömt auf der Vorderseite die Luft lebhaft aus; während sie auf der Rückseite eine Neigung zum Einströmen hat.

32) Die Geschwindigkeit des Windes wächst bei den Anticyklonen mit zunehmender Entfernung vom Centrum und erreicht je nach der Lage des Hochdruckgebietes zwei Maxima, wovon das eine in einer Entfernung von 666—888 km, das andere in der Nähe der Peripherie liegt.

33) Die mittlere Höhe der Anticyklonen ist grösser als die der Cyklonen.

Digitized by Google

Anhang.

Bestimmung des Reibungskoeffizienten k.

(Tabelle 21—22.)

Nachdem wir nun die Bewegung der Luft um die barometrischen Minima und Maxima an verschiedenen Stationen eingehend erläutert haben, erübrigt es noch, den Reibungskoeffizienten k der Luft für die einzelnen bearbeiteten Orte zu bestimmen.

Die auf Seite 3 angeführte Gleichung 5) von Guldberg und Mohn[137]) ermöglicht die Berechnung des Reibungskoeffizienten k unter der Annahme, dass man es in der Natur ebenso oft mit cyklonal wie anticyklonal gekrümmten, mit verzögerten wie beschleunigten Luftbewegungen zu thun habe, sodass bei einer grossen Anzahl von Fällen die Beziehungen zwischen Luftdruck und Luftbewegung bis zu einem gewissen Grade denjenigen nahe kommen, die für geradlinige und gleichförmige Bewegungen gültig sind. In diesem Falle ist die Grösse des mittleren Ablenkungswinkels nur von der Konfiguration des Erdbodens und der geographischen Breite abhängig.

Aus der Formel

$$tg\,\alpha = \frac{2\,\omega\,.\,sin\,\varphi}{k}$$

ergiebt sich

(6) ..... $k = 2\,\omega\,.\,sin\,\varphi\,.\,cotg\,\alpha.$

Die Winkelgeschwindigkeit der Erde beträgt

$$\omega = \frac{2\,\pi}{86164} = 0.0000\,7292.$$

In der Tabelle 21 sind die Reibungskoeffizienten sowohl für die einzelnen Halbjahre, wie auch für das Jahr, nach jener Formel berechnet und ausserdem die geographische Breite, die Seehöhe, der mittlere Ablenkungswinkel wie der Scheitelwerth vermerkt.

Während für Aachen der Reibungskoeffizient wohl zu gering erscheint, was auf den unverhältnissmässig grossen Winkel α zurückzuführen ist, der, wie wir früher gesehen haben, eine Folge der lokalen mechanischen Ablenkung durch die Gebirge ist, zeigen die anderen Beobachtungen, dass k wächst, je mehr man landeinwärts schreitet und umgekehrt abnimmt mit zunehmender Entfernung über dem Erdboden, weil daselbst die Reibung ebenfalls eine weit geringere ist. Berechnet man k, indem man den Scheitelwerth von α in die Formel einsetzt, so ergeben sich besonders für Furnes und die Schneekoppe weit geringere Grössen, die aus den früher erörterten Gründen den thatsächlichen Verhältnissen besser entsprechen dürften, da bei Küsten- und Höhenstationen der Scheitelwerth den mittleren weit überragt. In dem Falle ist auch der Werth k für Aachen grösser als für Furnes.

Interessant ist eine Zusammenstellung[138]) sämtlicher bisher berechneten Winkel und Reibungkoeffizienten, deren Grösse, wenn man von Aachen absieht, mit der Lage der einzelnen Stationen recht gut übereinstimmt. Der Vergleichbarkeit der früheren Werthe wegen, wurden nur die mittleren α und die aus diesen berechneten k. nicht aber die Scheitelwerthe, in der Tabelle 22 eingetragen. Besonders tritt die starke Abnahme des Reibungskoeffizienten mit wachsender Höhe und Annäherung an die Küste hervor, also dort, wo die Luftströmungen in Folge der geringeren Reibung die grösste Ablenkung von der Gradientenrichtung erfahren müssen.

In der Höhe der Schneekoppe treffen wir denselben Reibungskoeffizienten wie auf der frei im baltischen Meere gelegenen Sandbank Sandön an.

Wir sind daher berechtigt den Satz aufzustellen:

34) Der Reibungskoeffizient wird kleiner mit Annäherung an die Küste und mit steigender Erhebung über dem Erdboden.

Digitized by Google

Litteratur.

Es bedeuten O. Z.: Zeitschrift der Oesterr. Gesellschaft für Meteorologie, M. Z.: Meteorolog. Zeitschrift.

[1]) Guldberg und Mohn: „Études sur les mouvements de l'atmosphère," Christiania 1876. Vergl. auch Sprung: „Lehrbuch der Meteorologie," Hamburg 1885, S. 115—124 und Mohn: „Grundzüge der Meteorologie," Berlin 1883, S. 221—228.

[2]) Ekholm: „Ueber die Einwirkung der ablenkenden Kraft der Erdrotation auf die Luftbewegung," M. Z. 1894, S. 137—143, 169—189.

[3]) Köppen: „Ueber den Zufluss und Abfluss der Luft in Cyklonen und Anticyklonen," M. Z. 1898, S. 163.

[4]) v. Helmholtz: „Ueber atmosphärische Bewegungen," M. Z. 1888, S. 329—340.

[5]) Guldberg u. Mohn: Études sur les mouvements de l'atmosphère," S. 20 ff.

[6]) Köppen: „Ueber den Zufluss etc.," M. Z. 1898, S. 163 ff.

[7]) Guldberg und Mohn: „Die Bewegung der Luft in aufsteigenden Wirbeln," O. Z. 1877, S. 257—268.

[8]) Sprung: „Lehrbuch der Meteorologie," Hamburg 1885, S. 118—151.

[9]) Kassner: „Ueber kreisähnliche Cyklonen." Inaugural-Dissertation. Aus dem Archiv der Deutschen Seewarte, XVI. Jahrgang 1893, No. 2, Hamburg 1893.

[10]) Clement Ley: „Results of an Inquiry into mean Inclination of winds towards the lower Isobarics." Journ. of Scot. Meteor. Soc. for July 1872, O. Z. 1874, S. 295.

[11]) Wurde bereits von Ferrel ausgesprochen, siehe van Bebber: „Handbuch der ausübenden Witterungskunde," Band II, S. 228, Fussnote; stimmt mit dem theoretischen Resultate von Guldberg und Mohn überein. Americ. Journ. of sciences and arts, Vol. VIII, Nov. 1874.

[12]) Clement Ley: „The relation between the upper and under Currents of the atmosphere around areas of barometric depression". Quart. Journ. of the Met. Soc. Okt. 1877, O. Z. 1878, S. 278 ff.

[13]) Loomis: Am. Journ. of sciences and arts, VIII, July 1874. Siehe auch „Météorologie dynamique de Loomis, français par Brocard." Paris 1879, S. 24.

[14]) Sprung: „Lehrbuch," S. 246, Anmerkung.

[15]) Broun: „On the mean directions and distributions of the lines of equal barometric pressure and their relations of the mean direction and force of the wind over the British Isles." Prov. of the Roy. Soc., Vol. XXV, Dec. 1876.

[16]) Hoffmeyer: „Die Vertheilung des Luftdruckes über dem Nordatlantischen Ozean während des Winters und deren Einfluss auf das Klima von Europa," O. Z. 1878, S. 338 ff.

[17]) Ebenda, O. Z. 1878.

[18]) Spindler: „Die Abhängigkeit der Stärke der Richtung der Winde von der Grösse und Richtung des Gradienten an den Küsten des baltischen Meeres," Repertorium für Meteorologie, Band VII, No. 5, Petersburg 1880.

[19]) Loomis: Sill. Americ. Journ., Vol. IX, Jan. 1875.

[20]) Broun: „On the mean direction etc.," Proc. of the Roy. Soc., Vol. XXV, Dec. 1876.

[21]) Clement Ley: „Suggestion on certains Variations, annual and diurnal, in the relation of the Barometric Gradient to the force of the wind," Quart. Journ., Vol. III, S. 232.

[22]) Spindler: Repertorium für Meteorologie, VII, No. 5, St. Petersburg 1880.

[23]) Sprung: „Studien über den Wind und seine Beziehungen zum Luftdruck." Aus dem Archiv der D. Seewarte, II, 1879, No. 1, 2. „Empirische Untersuchungen über die Beziehung zwischen Windstärke und Gradient und deren tägliche Periode, mit besonderer Berücksichtigung des deutschen Küstengebietes."

[24]) Clement Ley: „Barometric gradient and wind." Nature 1881, May 5. O. Z. 1881, S. 534.

[25]) Clement Ley: „The relation between the upper and under currents etc.," siehe auch O. Z. 1878, S. 278.

[26]) Hildebrandsson: „Sur la distribution des éléments météorologiques autour des minima et des maxima barométriques," Upsala 1883; s. auch M. Z. 1884, S. 111.

[27]) Krankenhagen: „Beitrag zum Studium der barometrischen Minima und Maxima," Stettin 1885, M. Z. 1885.

[28]) Åkerblom: „Sur la distribution à Vienne et à Thorshavn des éléments météorologiques autour des minima et des maxima barométriques," Stockholm 1895.

[29]) Doerry: „Ueber den Einfluss der barometrischen Minima und Maxima auf das Wetter in Magdeburg". Inaugural-Dissertation, Halle 1889.

[30]) Clement Ley: „The relation between the upper and under Currents etc."

[31]) Broun: On the mean directions and distributions.

Digitized by Google

[32]) Richter: „Zug der oberen Wolken im Verhältniss zur unteren Druck- und Wärmevertheilung," O. Z. 1881, S. 379.

[33]) Hildebrandsson: „Sur la distribution etc."

[34]) Vettin: „Die Einwirkung der barometrischen Minima und Maxima auf die Richtung des Windes und Wolkenzuges," M. Z. 1886.

[35]) Åkerblom: „Sur la distribution à Vienne et à Thorshavn etc."

[36]) van Bebber: „Lehrbuch der Meteorologie," Stuttgart 1890.

[37]) Kassner: „Ueber kreisähnliche Cyklonen etc.," Hamburg 1893.

[38]) v. Bezold: „Zur Theorie der Cyklonen," Sitzungsberichte der Kgl. Pr. Akademie der Wissenschaften, Berlin 1890. Siehe auch M. Z. 1891, S. 241 ff.

[39]) Vergl. Krankenhagen: „Referat der Arbeiten von Åkerblom und Doerry," M. Z. 1895, S. 74—75.

[40]) Loomis: „Contributions to meteorology," XI. paper. Americ. Journ. of sciences and arts, Vol. XVIII, July 1879. O. Z. 1880, S. 239.

[41]) Hildebrandsson: „Sur la distribution des éléments etc."

[42]) Deutsches Meteorol. Jahrbuch für Baden: „Ergebnisse der meteorolog. Beobachtungen 1891." Stationsbeschreibungen, Karlsruhe 1892, S. 9.

[43]) Deutsches Meteor. Jahrb. für Baden 1891, S. 10.

[44]) Kgl. Pr. Meteorolog. Institut: „Ergebnisse der meteorologischen Beobachtungen im Jahre 1886," Berlin 1888, S. XXX.

[45]) Ebenda, S. XXXIV.

[46]) Ebenda, S. XXXIII. Genaueres über die topographische Lage siehe Polis: „Deutsches Meteorolog. Jahrbuch für Aachen 1895," Aachen 1896, S. 1.

[47]) Ebenda, S. XXXIII und „Deutsches Meteorolog. Jahrbuch für Aachen 1895," S. 8.

[48]) van Bebber: „Lehrbuch der Meteorologie," Stuttgart 1890, S. 124.

[49]) Krankenhagen, S. 21.

[50]) Doerry, S. 7.

[51]) Åkerblom, S. 6,

[52]) Krankenhagen, S. 3.

[53]) Åkerblom, S. 16, Tab. I.

[54]) Doerry, S. 10.

[55]) van Bebber: „Handbuch der ausübenden Witterungskunde", Bd. II, S. 279.

[56]) Ebenda, S. 172—173.

[57]) Doerry, S. 13.

[58]) Krankenhagen, S. 4.

[59]) Doerry, S. 16.

[60]) van Bebber: „Lehrbuch der Meteorologie," [S. 340.

[61]) Krankenhagen, S. 15.

[62]) Doerry, S. 5.

[63]) van Bebber: „Lehrbuch," S. 337. [63a]) Ebenda S. 337.

[64]) Clement Ley: „Results of an inquiry into mean inclination of winds towards the lower isobarics," Journ. of Scot. Met. Journ. July 1872, O. Z. IX 1874, S. 95. — Vergl. Sprung: „Lehrbuch," S. 245.

[65]) Kassner: „Ueber kreisähnliche Cyklonen," S. 14.

[66]) Hoffmeyer: „Die Vertheilung des Luftdruckes über dem Nordatlantischen Ozean etc.," O. Z. 1878, S. 338.

[67]) Hildebrandsson, S. 7.

[68]) Spindler: „Die Abhängigkeit der Stärke der Richtung des Windes von der Grösse und Richtung des Gradienten an den Küsten des Baltischen Meeres," Repertorium für Meteorologie, VII, No. 5, O. Z. 1881, S. 215 bis 217.

[69]) Krankenhagen, S. 7.

[70]) Åkerblom, S, 11.

[71]) Hoffmeyer: „Die Vertheilung des Luftdruckes etc.," O. Z. 1878, S. 339.

[72]) Loomis: „Americ. Journ. of sciences and arts, VIII, July 1874," O. Z. 1874, S. 249.

[73]) Kassner, S. 15.

[74]) Ebenda, S. 14 u. 15.

[75]) Åkerblom, S. 11.

[76]) Doerry, S. 20.

[77]) Clement Ley: „The relation between the upper and under currents etc.," Quart. Journ. of Scot. Science, Okt. 1877.

[78]) Hildebrandsson, S. 10—14.

[79]) Åkerblom, S. 30—36.

[80]) Kassner, S. 14—15.

[81]) Ekholm: „Ueber die Einwirkung der ablenkenden Kraft der Erdrotation," M. Z. 1894, S. 183.

[82]) v. Bezold: „Zur Theorie der Cyklonen," Sitzungsberichte der Kgl. Preuss. Akademie der Wissenschaften, Berlin 1890, auch M. Z. 1891, S. 241—247.

[83]) Sprung, Lehrb.: „Die Asymmetrie d. Cyklonen," S. 218—221.

[84]) Möller: „Annalen der Hydrographie und Maritimen Meteorologie," 1882, S 221. Köppen, ebenda, S. 664 und M. Z. 1888, S. 475.

[85]) Köppen: „Ueber den Zufluss etc.," M. Z. 1898, S. 163.

[86]) Kassner, S. 16—17.

[87]) Meyer: „Anleitung zur Bearbeitung meteorol. Beobachtungen f. d. Klimatologie," Berlin 1891, S. 15 ff.

[88]) Kassner, S. 14.

[89]) Ebenda, S. 12.

[90]) Clement Ley: „Journ. Scot. Met. Society," 1873, Vol. IV, S. 66—72.

[91]) Köppen: „Ueber den Zufluss etc.," M. Z. 1898, S. 166.

[92]) Meyer: „Anleitung etc.," S. 16.

[93]) Kassner, S. 12.

[94]) Meyer: „Anleitung etc.," S. 115.

[95]) Doerry, S. 22.

Digitized by Google

[96]) Krankenhagen, S. 23.

[97]) Kassner, S. 17.

[98]) Ebenda, S. 17.

[99]) Davis: „Elementary Meteorology," Boston 1894, S. 226.

[100]) Krankenhagen, S. 7.

[101]) Sprung: „Lehrbuch der Meteorologie," S. 245.

[102]) Köppen: „Ueber die mechanischen Ursachen der Fortbewegung atmosphärischer Wirbel," O. Z. 1880, S. 41—53.

[103]) Sprung, Lehrb.: „Die Asymmetrie d. Cyklonen," S. 218—221.

[104]) Sprung: „Lehrbuch," S. 245.

[105]) Köppen: „Der Fortpflanzungs-Gradient der Cyklonen," M. Z. 1895, S. 223—224.

[106]) Sprung: „Lehrbuch," S. 245.

[107]) Köppen, O. Z. 1880, S. 47.

[108]) Sprung: „Lehrbuch," S. 244 ff.

[109]) van Bebber: „Handbuch der ausübenden Witterungskunde," Band II, S. 266 ff.

[110]) Köppen: „Annalen der Hydrographie," 1892.

[111]) v. Bezold: „Zur Theorie der Cyklonen."

[112]) Hann: „Studien über die Luftdruck- und Temperatur-Verhältnisse auf dem Sonnblickgipfel, nebst Bemerkungen über deren Bedeutung für die Theorie der Cyklonen und Anticyklonen," Wiener Akademie, Math.-Naturwissenschaftl. Klasse, Bd. C, Abth. IIa, April 1891.

[113]) Assmann: „Uebersicht über die von dem Deutschen Vereine zur Förderung der Luftschiffahrt in Berlin ausgeführten wissenschaftlichen Ballonfahrten," Zeitschr. für Luftschiffahrt 1895, S. 83—94; s. Polis: „Ueber wissenschaftl. Ballonfahrten und deren Bedeutung für die Physik der Atmosphäre," Aachen 1896, S. 21—22. Vergl. noch insbesondere Gross und Berson: „Die Hochfahrten des »Phönix« am 11. Mai 1894," Zeitschrift für Luftschiffahrt 1895, S. 224. „Die Hochfahrt der »Vega« am 3. Okt. 1898 in Sitten," M. Z. 1898, S. 434—439.

[114]) Hann, S. 74 ff, [440 ff.]

[115]) Ebenda.

[116]) Köppen: „Ueber den Zufluss etc.," S. 164, Anmerkung.

[117]) Mohn: „Grundzüge der Meteorologie," III. Aufl. 1883, S. 255 ff.

[118]) Sprung: „Lehrbuch der Meteorologie," S. 252 bis 254.

[119]) Ebenda, S. 253—254.

[120]) Ebenda, S. 253, Satz 6.

[121]) Mechanische Entstehung und Fortbewegung von Staubwirbeln. Im kleinen haben wir oft Gelegenheit, solche auf mechanische Weise hervorgerufene Staubwirbel direkt hinter dem Wagen der schnell fahrenden elektrischen Strassenbahn entstehen und fortwandern zu sehen. Die Bewegungsrichtung solcher Staubwirbel ist immer die der Richtung der Bahn, die Geschwindigkeit jedoch in Folge der Reibungswiderstände und der erlahmenden Bewegung der nachströmenden Luftmassen bedeutend geringer. Meines Wissens ist auf die Entstehung derartiger Staubwirbel aus mechanischen Ursachen noch nicht aufmerksam gemacht worden, wohl ist in den Lehrbüchern öfters die Rede von Staubwirbeln, die in Folge der stark erhitzten unteren Luftschichten und des dadurch eintretenden labilen Gleichgewichtszustandes der Luft entstehen. Wenngleich die Bewegungen solcher Staubwirbel nicht direkt mit den Bewegungen unserer Cyklonen verglichen werden können, indem ja vor allem die Erdrotation vernachlässigt wird, so kann doch ein genaueres Studium dieser weit fruchtbringender sein — da es sich um bewegte Luft handelt —, als wie es bisher geschehen ist, sich nur mit Wasserwirbeln zu befassen, bei welchen die Reibungsverhältnisse ganz andere sind.

[122]) Sprung: „Lehrbuch der Meteorologie," Satz 6 bis 7, S. 253 und 254.

[123]) van Bebber: „Zugstrassen der barometrischen Minima im Januar und Juli" in „Die Beurtheilung des Wetters auf mehrere Tage voraus", Stuttgart 1896, S. 12-13.

[124]) Teisserenc de Bort: „Isobaren in 4000 m Höhe und Gang der Cirri im Januar und Juli," Aus dem Archiv der Deutschen Seewarte, XIV. Jahrg. 1891.

[125]) van Bebber: „Handbuch der ausübenden Witterungskunde," II. Band, S. 278.

[126]) Ebenda, S. 279.

[127]) Kassner, S. 15.

[128]) Toynbee: „The meteorology of the North Atlantic during August 1873, illustrated by daily charts, Köppen" O. Z. 1880, S. 201.

[129]) Kassner, S. 15.

[130]) Guldberg u. Mohn: „Die Bewegung der Luft in aufsteigenden Wirbeln," O. Z. 1877, S. 257—268.

[131]) Wien: „Ueber cyklonartige Bewegungsformen einer incompressiblen reibungslosen Flüssigkeit," Annalen der Physik und Chemie, 1896.

[132]) Sprung: „Lehrbuch," S. 258—259.

[133]) Ebenda, S. 236.

[134]) Sprung: „Bemerkungen über Anticyklonen," Lehrbuch, S. 157—158.

[135]) Köppen: „Ueber den Zufluss etc.," M. Z. 1898, S. 166—167.

[136]) S. z. B. Kremser: „Erste Fahrt des Humboldt." Zeitschr. für Luftschiffahrt 1894, S. 330—333.

[137]) Guldberg u. Mohn: „Études sur les mouvements de l'atmosphère," Christiania 1876.

[138]) Vergl. Krankenhagen: „Referat der Arbeiten von Åkerblom und Doerry," M. Z. 1895, S. [74—75].

Digitized by Google

I. Theil.

Vertheilung der Ablenkungswinkel und Windstärken bei verschiedenen Luftdruckstufen.

Häufigkeit der einzelnen Gradienten-Richtungen.

Furnes.

Tab. 1a.

	Winter									Sommer								
	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Summe	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Summe
C_1	32	37	16	9	6	3	4	14	121	9	11	6	3	3	2	2	4	40
C_2	27	24	14	8	6	3	5	17	104	19	17	11	6	5	5	4	24	91
C_3	45	46	16	24	25	26	14	38	234	55	50	21	20	22	21	21	53	263
$C_1+C_2+C_3$	104	**107**	46	41	37	32	*23*	69	459	**83**	78	38	29	30	28	*27*	81	394
A_1	17	25	11	9	2	4	9	13	90	37	33	11	10	24	15	23	44	197
A_2	38	36	19	32	40	23	18	45	251	21	9	3	8	37	49	24	34	185
A_1+A_2	55	**61**	30	41	42	*27*	*27*	58	341	58	42	*14*	18	61	64	47	**78**	382
Summe	159	**168**	76	82	79	59	*50*	127	800	141	120	52	*47*	91	92	74	**159**	776
	$C = 13$				$A = 30$					$C = 10$				$A = 31$				

Aachen.

Tab. 1b.

C_1	42	74	27	8	3	1	4	16	175	16	14	4	2	4	3	—	5	48
C_2	56	59	17	4	7	4	5	25	177	49	57	16	3	9	9	6	17	166
C_3	78	77	16	14	16	24	14	41	280	103	107	32	12	22	31	20	58	385
$C_1+C_2+C_3$	176	**210**	60	26	26	29	*23*	82	632	168	**178**	52	*17*	35	43	26	80	599
A_1	64	47	11	32	18	20	18	31	241	79	59	13	23	19	40	46	88	367
A_2	64	39	26	31	25	20	18	44	267	19	16	4	8	20	47	40	37	191
A_1+A_2	**128**	86	37	63	43	40	*36*	75	508	98	75	*17*	31	39	87	86	**125**	558
Summe	**304**	296	97	89	69	69	*59*	157	1140	**266**	253	69	*48*	74	130	112	205	1157
	$C = 16$				$A = 39$					$C = 22$				$A = 46$				

Karlsruhe.

Tab. 1c.

C_1+C_2	21	27	11	9	11	9	2	17	107	15	13	7	8	3	2	2	6	56
C_3	47	28	6	7	23	15	4	29	159	65	72	16	8	20	9	3	49	242
$C_1+C_2+C_3$	**68**	55	17	16	34	24	*6*	46	266	80	**85**	23	16	23	11	*5*	55	298
A_1	17	11	3	18	4	11	11	11	86	12	27	8	17	9	16	20	32	141
A_2	27	34	12	41	34	18	20	28	214	13	11	2	13	21	31	29	23	143
A_1+A_2	44	45	*15*	**59**	38	29	31	39	300	25	38	*10*	30	30	47	49	**55**	284
Summe	**112**	100	*32*	75	72	53	37	85	566	105	**123**	*33*	46	53	58	54	110	582
	$C = 5$				$A = 33$					$C = 5$				$A = 27$				

Digitized by Google

Häufigkeit der einzelnen Gradienten-Richtungen.

Höchenschwand.

Tab. 1d.

	Winter									Sommer								
	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Summe	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Summe
C_1+C_2	20	31	7	6	3	6	2	17	92	15	15	3	7	3	2	2	5	52
C_3	40	25	5	6	13	11	4	24	128	57	58	5	5	13	6	2	36	182
$C_1+C_2+C_3$	**60**	56	12	12	16	17	*6*	41	220	72	**73**	8	12	16	8	*4*	41	234
A_1	14	6	2	7	4	9	8	9	59	10	17	4	10	9	11	17	25	103
A_2	15	20	6	32	28	18	23	21	163	4	7	1	10	20	28	28	17	115
A_1+A_2	29	26	*8*	**39**	32	27	31	30	222	14	24	*5*	20	29	39	**45**	42	218
Summe	**89**	82	*20*	51	48	44	37	71	442	86	**97**	*13*	32	45	47	49	83	452
	$C = 6$			$A = 23$						$C = 6$			$A = 24$					

Breslau.

Tab. 1e.

C_1	15	16	7	2	—	1	3	7	51	2	4	3	—	1	2	2	1	15
C_2	26	35	19	5	5	6	8	9	113	13	19	10	6	4	4	7	17	80
C_3	59	53	30	14	16	15	24	37	248	62	52	35	17	12	16	31	62	287
$C_1+C_2+C_3$	100	**104**	56	*21*	*21*	22	35	53	412	77	75	48	23	*17*	22	40	**80**	382
A_1	24	18	11	11	3	2	14	24	107	28	25	28	15	10	17	40	54	217
A_2	36	31	40	41	22	16	40	39	265	8	11	13	11	16	14	38	31	142
A_1+A_2	60	49	51	52	25	*18*	54	**63**	372	36	36	41	*26*	*26*	31	78	**85**	359
Summe	**160**	153	107	73	46	*40*	89	116	784	113	111	89	49	*43*	53	118	**165**	741
	$C = 4$			$A = 22$						$C = 13$			$A = 35$					

Schneekoppe.

Tab. 1f.

C_1	15	15	7	2	—	1	3	7	50	2	3	3	1	1	2	2	1	15
C_2	28	34	20	4	5	8	6	9	114	14	18	9	6	3	3	7	16	76
C_3	59	53	31	10	12	13	24	36	238	62	52	36	17	11	16	31	62	287
$C_1+C_2+C_3$	**102**	**102**	58	*16*	17	22	33	52	402	78	73	48	24	*15*	21	40	**79**	378
A_1	24	19	13	10	3	2	13	24	108	30	26	24	16	9	13	36	51	205
A_2	38	31	36	36	21	18	38	38	256	7	11	17	10	15	17	34	30	141
A_1+A_2	**62**	50	49	46	24	*20*	51	**62**	364	37	37	41	26	*24*	30	70	**81**	346
Summe	**164**	152	107	62	*41*	42	84	114	766	115	110	89	50	*39*	51	110	**160**	724
	$C = 4$			$A = 19$						$C = 13$			$A = 32$					

Digitized by Google

Vertheilung der Fälle auf die einzelnen Monate.

Furnes. a) *Cyklonen.* Tab. 2a.

	Winter							Sommer							
	Oktob.	Nov.	Dez.	Januar	Febr.	März	Summe	April	Mai	Juni	Juli	August	Sept.	Summe	
N	16	20	**21**	18	*10*	19	104	12	*9*	11	**25**	16	13	86	N
NW	17	23	18	**24**	*7*	18	107	**18**	11	*7*	16	17	10	79	NW
W	**11**	10	6	9	*2*	**11**	49	6	**12**	6	6	*4*	5	39	W
SW	7	**13**	*1*	6	10	4	41	**12**	7	4	—	4	2	29	SW
S	5	6	*1*	4	**14**	8	38	11	**12**	4	1	2	—	30	S
SE	4	*2*	3	4	**10**	9	32	**15**	10	4	—	—	1	30	SE
E	**5**	3	**5**	*1*	4	**5**	23	**6**	**6**	5	5	4	*3*	29	E
NE	16	*8*	17	*8*	*8*	**18**	75	*10*	12	13	17	**20**	*10*	82	NE
Summe	81	85	72	74	*65*	**92**	469	**90**	79	54	70	67	*44*	404	Summe

b) *Anticyklonen.*

N	11	*7*	9	**14**	*7*	9	57	*8*	9	9	10	**11**	**11**	58	N
NW	9	9	14	**21**	*4*	5	62	*2*	7	3	**15**	6	10	43	NW
W	6	*4*	**7**	6	*4*	5	32	*1*	3	**4**	2	2	2	14	W
SW	6	10	5	*4*	**16**	5	46	3	3	3	*2*	4	**8**	23	SW
S	5	*2*	4	13	**18**	12	54	9	16	16	*3*	6	**23**	73	S
SE	5	7	*3*	**8**	5	5	33	9	14	**21**	10	*3*	15	72	SE
E	**8**	*2*	*2*	5	6	4	27	9	*2*	6	**13**	10	11	51	E
NE	**14**	12	*6*	10	7	11	60	*6*	8	**20**	15	**20**	10	79	NE
Summe	64	53	*50*	**81**	67	56	371	*47*	62	82	70	62	**90**	413	Summe

Aachen. a) *Cyklonen.* Tab. 2b.

N	**44**	24	43	20	*17*	34	182	*23*	*23*	30	31	**41**	27	175	N
NW	36	**48**	38	34	*22*	35	213	26	32	*19*	**43**	32	25	177	NW
W	8	10	9	**13**	*6*	14	60	17	**20**	8	*3*	4	7	59	W
SW	4	**9**	3	4	5	*2*	27	**9**	2	2	—	2	2	17	SW
S	7	*1*	2	3	**10**	5	28	**22**	9	3	*1*	*1*	*1*	37	S
SE	5	*1*	6	3	5	**11**	31	**23**	7	4	—	4	6	44	SE
E	*2*	3	**6**	4	5	4	24	**8**	6	5	*2*	3	3	27	E
NE	**20**	10	14	*8*	14	17	83	**19**	16	11	18	14	*7*	85	NE
Summe	**126**	106	121	89	*84*	122	648	**147**	115	82	98	101	*78*	621	Summe

b) *Anticyklonen.*

N	22	23	**31**	25	*12*	28	141	*11*	20	14	18	**23**	20	106	N
NW	*10*	**24**	14	14	14	12	88	*7*	10	8	**22**	16	15	78	NW
W	—	6	6	**12**	8	6	38	2	**6**	*1*	3	3	2	17	W
SW	*5*	16	10	9	**18**	9	67	**12**	7	7	*1*	4	5	36	SW
S	7	5	*3*	11	**13**	9	48	**11**	10	10	*2*	3	9	45	S
SE	6	*5*	7	*5*	7	**13**	43	11	21	**24**	19	*8*	11	94	SE
E	7	*2*	4	**11**	5	10	39	*8*	12	18	**28**	12	18	96	E
NE	12	*7*	**23**	16	15	10	83	*12*	14	**36**	23	28	19	132	NE
Summe	*69*	88	98	**103**	92	97	547	*74*	100	**118**	116	97	99	604	Summe

Digitized by Google

Vertheilung der Fälle auf die einzelnen Monate.

Karlsruhe. a) *Cyklonen.*

Tab. 2c.

	Winter							Sommer							
	Oktob.	Nov.	Dez.	Januar	Febr.	März	Summe	April	Mai	Juni	Juli	August	Sept.	Summe	
N	**21**	12	12	8	*6*	11	70	8	*6*	8	**24**	22	12	80	N
NW	10	11	10	4	*3*	**19**	57	15	**19**	10	16	17	*8*	85	NW
W	1	**6**	—	3	2	5	17	7	**9**	3	*1*	2	*1*	23	W
SW	**4**	**4**	3	*1*	2	2	16	**8**	6	3	1	—	—	18	SW
S	3	2	—	10	**12**	8	35	**10**	4	3	—	3	4	24	S
SE	2	5	*1*	2	**8**	6	24	**7**	2	1	1	1	—	12	SE
E	—	1	**2**	**2**	—	1	6	**4**	—	—	—	1	—	5	E
NE	10	9	6	*2*	7	**12**	46	14	**16**	*6*	7	7	*6*	56	NE
Summe	51	50	34	*32*	40	**64**	271	**73**	62	34	50	53	*31*	303	Summe

b) *Anticyklonen.*

N	9	*6*	*6*	**10**	8	7	46	2	*1*	4	3	**12**	5	27	N
NW	9	10	6	**12**	6	*5*	48	9	*5*	*5*	7	**11**	*5*	42	NW
W	1	4	2	**10**	—	—	17	—	1	2	**4**	2	2	11	W
SW	*7*	15	*7*	9	**18**	*7*	63	3	9	4	*2*	4	**14**	36	SW
S	6	*3*	12	10	**15**	8	54	4	*2*	**12**	5	4	10	37	S
SE	**7**	*1*	**7**	5	6	5	31	*4*	10	**13**	10	5	6	48	SE
E	**10**	*3*	4	*3*	4	7	31	*7*	*7*	**11**	8	10	9	52	E
NE	*1*	9	5	**12**	9	7	43	7	8	14	**19**	*4*	6	58	NE
Summe	50	51	49	**71**	66	*46*	333	*36*	43	**65**	58	52	57	311	Summe

Breslau. a) *Cyklonen.*

Tab. 2d.

N	**22**	16	18	19	*9*	17	101	*4*	9	8	19	**22**	15	77	N
NW	14	**23**	**23**	15	*8*	21	104	**20**	7	*3*	17	14	15	76	NW
W	12	**15**	*3*	11	*3*	12	56	10	**20**	7	8	3	*2*	50	W
SW	*1*	2	3	4	**8**	4	22	9	**12**	2	2	1	—	26	SW
S	4	4	1	—	**8**	5	22	**9**	2	2	—	1	3	17	S
SE	2	5	4	**6**	*1*	4	22	**9**	2	5	—	4	4	24	SE
E	6	*3*	6	4	7	**9**	35	10	**11**	7	6	*4*	*4*	42	E
NE	8	*4*	8	10	10	**14**	54	12	12	19	**20**	*10*	*10*	83	NE
Summe	69	72	66	69	*54*	**86**	416	**83**	75	*53*	72	59	*53*	395	Summe

b) *Anticyklonen.*

N	13	9	16	**19**	4	*2*	63	*2*	3	9	7	**10**	9	40	N
NW	*5*	10	8	**14**	7	6	50	**8**	5	*3*	**8**	**8**	5	37	NW
W	11	5	*2*	8	**16**	10	52	9	11	6	*3*	6	**12**	47	W
SW	5	5	8	11	**20**	*4*	53	3	**10**	5	—	3	7	28	SW
S	4	4	*1*	6	**9**	5	29	2	7	9	—	1	**11**	30	S
SE	3	*1*	3	2	4	**7**	20	4	**10**	9	*2*	**10**	4	39	SE
E	**14**	**14**	*3*	9	10	8	58	7	*5*	**18**	**18**	16	17	81	E
NE	**20**	15	8	7	*5*	14	69	*6*	15	13	**21**	20	17	92	NE
Summe	75	63	*49*	**76**	75	56	394	*41*	66	72	59	74	**82**	394	Summe

Digitized by Google

Mittlere Windrichtung.

Furnes.

Tab. 3a.

	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE
	Winter							
C_1	S 78 W	S 17 W	E 70 S	N 74 E	N 71 E	N 34 W	W 27 N	W 41 N
C_2	S 69½ W	S 9 W	E 74 S	E 23 S	N 45 E	N 34 E	W 76 N	W 41 N
C_3	S 75 W	S 13 W	E 38 S	N 72 E	N 48 E	N 48 E	W 81 N	W 41 N
A_1	S 66 W	S 12 W	E 49 S	N 77 E	N 45 E	N 53 E	N 3 E	W 31 N
A_2	S 50 W	E 79 S	E 43 S	N 66 E	N 63 E	N 42 E	N 12 E	W 32 N
	Sommer							
C_1	W 10 N	S 15 W	S 0 W	N 68 E	N 45 E	N 52 E	W 67½ N	W 49 N
C_2	S 76 W	S 24 W	E 65 S	N 56 E	N 31 E	N 22 E	W 76 N	W 43 N
C_3	S 83 W	S 8 W	E 47 S	N 50 E	N 48 E	N 30 E	W 77 N	W 45 N
A_1	S 69 W	S 6 W	E 43 S	N 60 E	N 42 E	N 27 E	W 90 N	W 36 N
A_2	S 69 W	E 76 S	E 15 S	N 57 E	N 48 E	N 36 E	N 9 E	W 41 N

Aachen.

	Winter							
C_1	S 66 W	S 46 W	W 78 S	E 45 S	N 17 E	N 0 W	W 45 N	W 11 N
C_2	S 71 W	S 40 W	W 85 S	E 23 S	N 35 E	N 22 E	W 16 N	W 10 N
C_3	S 65 W	S 42 W	E 86 S	N 78 E	N 43 E	N 28 E	W 48 N	W 12 N
A_1	S 66 W	S 48 W	S 59 E	N 82 E	N 44 E	N 4 E	W 63 N	W 30 N
A_2	S 61 W	S 39 W	S 40 E	N 85 E	N 61 E	N 27 E	W 24 N	W 21 N
	Sommer							
C_1	S 63 W	S 40 W	S 17 W	N 79½ E	N 63 E	N 26 E		W 0 S
C_2	S 73 W	S 44 W	E 73 S	N 82 E	N 38 E	N 12 E	W 56 N	W 18 N
C_3	S 78 W	S 53½ W	E 62 S	E 17 S	N 44 E	N 24 E	W 48 N	W 29 N
A_1	S 87 W	S 53 W	E 62 S	N 75 E	N 49 E	N 5 E	W 66 N	W 27 N
A_2	S 78 W	S 46 W	E 70 S	N 86 E	N 43 E	N 16 E	W 60 N	W 30 N

Karlsruhe.

Tab. 3b.

	Winter							
C_1+C_2	S 42 W	S 28 W	E 9 S	N 48 E	N 45 E	N 33 E	S 45 W	S 45 W
C_3	S 44 W	S 36 W	E 27 N	N 55 E	N 45 E	N 36 E	W 0 N	S 45 W
A_1	S 45 W	E 90 S	N 45 E	N 47 E	N 45 E	N 48 E	W 23 S	S 51 W
A_2	S 41 W	S 18 E	E 22 N	N 48 E	N 47 E	N 38 E	W 46 N	S 47 W
	Sommer							
C_1+C_2	S 45 W	S 50 W	E 0 S	N 53 E	N 34 E	N 45 E	S 45 W	S 50 W
C_3	S 40 W	S 35 W	E 22 N	N 48 E	N 38 E	N 45 E	S 45 W	S 46 W
A_1	S 43 W	S 32 W	E 27 N	N 49 E	N 45 E	N 50 E	W 22 S	S 44 W
A_2	S 35 W	S 19 W	E 45 N	N 45 E	N 45 E	N 44 E	W 39 S	S 44 W

Digitized by Google

Mittlere Windrichtung.

Höchenschwand.

Tab. 3b.

	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE
				Winter				
C_1+C_2	S 50 W	S 50 W	S 45 W	N 14 E	N 27 W	W 42 N	W 27 N	W 11 S
C_3	S 65 W	S 67 W	S 21 E	E 20 S	N 0 E	N 14 W	W 14 N	W 5 S
A_1	S 76 W	S 90 W	N 27 W	N 13½ E	N 27 E	N 25 W	W 36 N	W 15 N
A_2	W 23 N	W 24 N	N 27 W	N 25 E	N 39 E	N 24 E	W 63 N	W 24 N
				Sommer				
C_1+C_2	S 64 W	S 73 W	S 34 W	N 5 W	N 9 E	N 18 E	W 45 N	W 22 S
C_3	S 78 W	S 71 W	N 11 W	N 22 E	N 2 E	N 5 E	W 27 N	W 0 N
A_1	S 71 W	S 77 W	N 22 W	N 18 E	N 0 E	N 35 E	W 15 N	W 6 S
A_2	S 39 W	W 4 N	N 45 E	N 16 E	N 31 E	N 23 E	N 63 E	W 13 S

Breslau.

Tab. 3c.

				Winter				
C_1	S 64 W	S 8 W	E 45 S	N 15 W		N 45 E	W 56 N	W 11 N
C_2	S 49 W	S 9 W	E 37 S	E 11 S	N 78 E	N 34 W	W 27 N	W 6 N
C_3	S 56 W	S 1 W	E 41 S	E 23 S	N 38 E	N 25 W	W 36 N	W 5 N
A_1	S 47 W	E 61 S	E 38 S	E 22 S	E 0 N	N 0 E	W 30 N	S 90 W
A_2	S 30 W	E 53 S	E 49 S	E 30 S	N 51 E	N 7 W	W 36 N	W 3 N
				Sommer				
C_1	S 63 W	E 53 S	E 45 S		N 45 W	N 45 E	W 45 N	W 45 N
C_2	S 54 W	E 78 S	E 59 S	E 22 S	N 0 E	N 22½ W	W 36 N	W 7 N
C_3	S 58 W	E 65 S	E 41 S	E 15 S	N 37 E	N 7 W	W 44 N	W 7 N
A_1	S 59 W	E 59 S	E 40 S	E 39 S	N 74 E	N 4 W	W 39 N	W 10 N
A_2	S 45 W	E 55 S	E 45 S	E 20 S	N 72 E	N 4 W	W 32 N	W 9 N

Schneekoppe.

				Winter				
C_1	S 74 W	S 65 W	S 14 W	E 27 S		N 45 E	W 12 N	W 30 N
C_2	S 64 W	S 39 W	S 32 W	E 0 S	E 27 S	N 37 W	W 45 N	S 51 W
C_3	S 62 W	S 44 W	S 21½ W	E 82 S	N 16 E	N 13 W	W 56 N	W 25 N
A_1	S 69 W	S 20 W	S 18 W	E 53 S	E 0 N	N 27 E	W 52 N	S 77 W
A_2	S 75 W	S 30 W	S 0 W	E 52 S	N 57 E	N 5 E	W 40 N	W 19 N
				Sommer				
C_1	W 0 N	S 27 W	S 0 W		N 45 E	N 45 E	W 45 N	W 45 N
C_2	S 36 W	S 38 W	S 12 W	S 9 E	S 45 E	W 45 N	W 45 N	W 36 N
C_3	S 68 W	S 40 W	S 13 W	S 0 E	N 60 E	N 10 E	W 45 N	W 28 N
A_1	S 67 W	S 32 W	S 2 W	E 72 S	N 60 E	N 7 E	W 40 N	W 20 N
A_2	S 51 W	S 50 W	S 0 E	E 35 S	N 74 E	N 4 W	W 58 N	W 33 N

Digitized by Google

Mittlere Ablenkungswinkel.

Furnes.

Tab. 4a.

	Winter									Sommer								
	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Mittel	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Mittel
C_1	80	57	68	36	84	34	32	85	66	101	62	88	36	40	61½	92	93	**78**
C_2	73½	58	71	65	47	85	74	92	**71**	80	65	71	13	31	57	96½	86	70
C_3	77	55	52	28½	52	87	84	80½	65	84	46	49	12	51	71	83	95	67
$C_1+C_2+C_3$	77	57	63	*37*	56	**84**	73	**84**	66°40′	85	52	61	*15*	46	70	86	**92**	69°54′
A_1	67	55	50	31	48	96½	92	76	62	69	44	45	20	57	69	96	82	*65*
A_2	51	31½	43	30	68	90	97	76	*59*	68	25	15	23	54	75	87	86	69
A_1+A_2	56	41	46	*30*	67	91	**95**	76	59°54′	69	39	39	*21½*	56	73	**91**	84	66°42′
C_1 bis A_2	70	51	56	*34*	63	**86**	85	80	63°58′	78½	48	55	*17*	53	72	**89**	88	67°42′

C (Inneres einer Cyklone) = 66 A (Inneres einer Anticyklone) = 63 C = 70 A = 57

Aachen.

Tab. 4b.

C_1	72	87	87	83	22	56	41	67	**79**	69	86	89	62½	56	26		53	70
C_2	79	78	72	57	35	43	28	61	71	77	86	58	29	50	56	65	72	74
C_3	72	80	69	33	42	67	57	66	68	81	94	59	64	42	66	55	71	**76**
$C_1+C_2+C_3$	74	**82**	78	52	*38*	63	48	64	72° 0′	78	**91**	61	58	*45*	61	57	70	74°56′
A_1	74	81	33	42	40	55	66	77	65	89	92	66	33	54	52	62	70	71
A_2	66	73	42	45½	61	61	37	73	*61*	86	78	59½	38	43	63	61	73	*64*
A_1+A_2	70	**78**	*40*	44	55	58	51	75	62°42′	**89**	**89**	64	*34*	48	58	61	71	69° 6′
C_1 bis A_2	73	**81**	64	*47*	48	60	50	69	68°49′	82	**90**	62	*43*	47	59	61	71	72° 6′

C = 60 A = 51 C = 70 A = 57

Karlsruhe.

Tab. 4c.

C_1+C_2	34	53	20	-6	38	63	-50	2	29	36	91	18	7	16	63	-46½	9	**36**
C_3	35	62	-10	14	36	65	0	6	**34**	36	49	- 2	7	33	81	-46	2	30
$C_1+C_2+C_3$	35	56	9	*3*	37	**64**	-17	5	32°18′	36	55	*3*	7	31	**77**	-46	3	30°54′
A_1	33	12	-69	-3	46	93	5	-4	*19*	34	55	-13	5	40	74	0	7	*25*
A_2	29	22	- 9	-3	45	70	46	-3	23	25	25	-57	-2	38	87	13	-12	28
A_1+A_2	31	20	-21	*-3*	45	**79**	32	-3	21°56′	29	46	-32	*2*	38	**82**	8	- 1	26°42′
C_1 bis A_2	33	40	- 5	*-2*	41	**72**	24	*1*	26°42′	34	53	- 8	4	35	**81**	3	1	28°49′

C = 35 A = 40 C = 26 A = 39

Digitized by Google

Mittlere Ablenkungswinkel.

Höchenschwand.

Tab. 4d.

	Winter									Sommer								
	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Mittel	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Mittel
C_1+C_2	47	87	109	−45	−46	−17	38	38	50	58	115	111	−49	−28	29½	56	29	54
C_3	64	106	69	65	34	16	9	52	**61**	76	101	−107	−24	4	40	48½	48	**64**
$C_1+C_2+C_3$	56	**93½**	**93**	10	19	*5*	18½	46	57°40′	73	**104**	(−24)	−38½	*− 2*	38	52	45½	61°54′
A_1	68	120	−113	−27	23½	20	40	54	*42*	62	93	−117	− 5	2	57	12	32	*32*
A_2	89	130	− 92	−19	37	59	64	62	47	25½	137	− 63	−34	19	55	51	36	40
A_1+A_2	79	**127**	−97½	*−20*	35	51	58	60	45°42′	56	**106**	**−106**	*−10½*	13	56	36	34	37°54′
C_1 bis A_2	65	**107**	(17)	*−13*	30	31	52	52	51° 8′	69	**104**	(−56)	−21	*8*	52	39	39½	53°20′

$C = 33$ $A = 43$ $C = 29\frac{1}{2}$ $A = 31$

Breslau.

Tab. 4e.

C_1	64½	49	36	(−15)		82	60	37	**49**	62	6	42		(−50)	90	45	78	*38*
C_2	49	41	34	46	62	18½	27	49	42	56	31	56	55	(− 8)	18	39	49	42
C_3	53	43	42	46	21	30	38	47	45	62	25	33	54	33	38	44	49	**44**
$C_1+C_2+C_3$	**54**	43	39	45	46	*29*	37	46	44°30′	**61**	*26*	38	54	*19*	44	43	49	43°18′
A_1	42	21½	32	55	90	38	34	45	*40*	52	20	37	71	75	45	39	45	**44**
A_2	26	9	42	73	50	37	36	46	*40*	22½	10	38	59	77	43	38	50	**44**
A_1+A_2	32	*14*	40	**69**	55	37	35	45	40° 6′	46	*17*	37	66	**76**	44	38	48	44° 0′
C_1 bis A_2	46	38	39	**62**	51	*33*	36	46	42°24′	56	*23*	38	**60**	53	44	40	48	43°55′

$C = 37$ $A = 42$ $C = 51$ $A = 42$

Schneekoppe.

Tab. 4f.

C_1	74	65	93	96½		82	15	68	71	84½	60	87	150	40	90	45	78	73
C_2	65½	83	115	8	116	32	66	25	**74**	36	82½	95	121	133	60	52½	81½	**77**
C_3	64	86	106	108	34	39	62	66	73	72	82	91	112	61	60	45	66	73
$C_1+C_2+C_3$	66	82	**109**	81	58	*39*	59	63	73°18′	67	81	91½	**116**	74	63	*46*	69	74° 0′
A_1	59	64	103	73	75	60½	64	32	*62*	62	72	89	97	62	75	51	55	*66*
A_2	72	76	80	75	48	56	46	62	63	53	91	84	78½	76	45	56	71	68
A_1+A_2	67	71	**94**	74	54	56	*49*	50	62°30′	60	77	87	**94**	71	58	*54*	61	67° 0′
C_1 bis A_2	66	78	**102½**	76	55	*47*	53	56	69°54′	64	80	90	**104**	72	60	*51*	65	71°54′

$C = 70\frac{1}{2}$ $A = 42$ $C = 72$ $A = 47\frac{1}{2}$

Digitized by Google

Mittlere Ablenkungswinkel im Jahre von *C* und *A*.

Tab. 5.

	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Mittel	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Mittel
	Furnes.									**Höchenschwand.**								
C	80	55	62½	*28*	52	76	80	**88½**	68°18′	66	**101**	46	−14	*8*	15	42	46	58°26′
A	62	40	43	*27½*	60½	79	**92½**	81	63°11′	70	**117**	−101	*−17*	25	54	45	45	40°44′
Total	74	50	56	*28*	57	77	**87**	85	65°43′	67	**105**	32	*−16*	19	42	44	45	52°15′
	Aachen.									**Breslau.**								
C	76	**86**	70	54	*42*	62	53	67	73°10′	**57**	*36*	38½	50	*35*	36	40½	48	44°20′
A	78	**83**	47	*41*	52	58	59	72	65°11′	37	*15*	39	**68**	66	42	37	47	42° 0′
Total	77	**85**	63	*45*	47	59	57	70	70° 6′	50	*29*	39	**61**	52	39	38	47	43° 8′
	Karlsruhe.									**Schneekoppe.**								
C	35	56	5	5	34	**70**	−30	*4*	31°31′	66	81	**101**	**102**	65	*51*	52	67	73°42′
A	30	32	−25	*−2*	42	**81**	17	*−2*	25°20′	65	74	**91**	81	62	57	*52*	56	63°24′
Total	34	47	6	*0*	38	**77**	11	*1*	27°48′	65½	79	**96**	89	64	54	*52*	61	70°32′

Häufigkeit der verschiedenen Winkelgrössen.

Tab. 6a.

		Anticyklonen																									
		> −60	*−50–59*	*−40–49*	*−30–39*	*−20–29*	*−10–19*	*− 0–9*	0—9	10—19	20—29	30—39	40—49	50—59	60—69	70—79	80—89	90—99	100—109	110—119	120—129	130—139	140—149	150—159	160—169	170—179	180
Furnes	Winter	—	—	*< 0* —	5	—	—	—	32	9	25	**40**	33	28	22	16	22	**61**	15	16	12	4	1	—	—	—	—
	Sommer	—	—	1	—	—	—	—	21	11	24	31	30	**51**	33	29	28	**86**	17	21	9	1	2	—	—	—	—
Aachen	Winter	—	—	*> −40* [12]	4	3	3	1	16	12	31	38	40	**61**	52	50	**62**	49	33	19	10	8	1	—	—	3	—
	Sommer	—	—	[8]	2	6	6	1	22	11	28	40	42	**64**	55	56	60	**72**	30	30	19	20	6	4	—	—	3
Karlsruhe	Winter	—	*> −50* [9]	—	*−30-39* [20]	23	15	5	**47**	15	25	25	**31**	19	14	9	11	9	8	3	—	—	—	—	*> 120* [11]	—	—
	Sommer	—	[14]	30	8	10	17	2	**45**	10	15	20	16	16	10	20	14	15	4	3	5	—	—	—	[10]	—	—
Höchenschw.	Winter	2	1	3	—	6	7	2	**30**	7	10	24	**28**	12	17	12	7	14	8	11	4	3	2	—	—	*> 150* [12]	—
	Sommer	*> −60* [15]	1	7	4	8	9	2	**20**	11	11	19	**24**	11	12	15	9	15	5	6	4	3	3	1	1	2	—
Breslau	Winter	—	*> −40* [3]	—	3	1	5	2	**69**	13	28	35	**88**	33	22	18	12	35	3	2	—	—	—	—	—	—	—
	Sommer	—	[2]	—	2	3	2	—	**62**	9	20	54	**77**	36	19	23	12	26	5	4	3	2	—	—	—	—	—
Schneekoppe	Winter	—	*> −30* [13]	—	—	4	5	—	**45**	3	6	16	**57**	16	14	19	22	**54**	19	17	16	20	3	5	1	1	8
	Sommer	—	[7]	—	—	3	4	1	28	4	14	22	**47**	19	13	27	23	**66**	12	13	13	16	2	4	3	1	3

Digitized by Google

Häufigkeit der verschiedenen Winkelgrössen.

Tab. 6b.

Cyklonen

		> −60	−50−59	−40−49	−30−39	−20−29	−10−19	− 0−9	0—9	10—19	20—29	30—39	40—49	50—59	60—69	70—79	80—89	90—99	100—109	110—119	120—129	130—139	140—149	150—159	160—169	170—179	180
								< 0																			
Furnes	Winter	—	—	—	—	—	—	[7]	18	12	20	35	51	**53**	43	35	37	**94**	18	15	16	3	—	—	—	—	—
	Sommer	—	—	—	—	—	—	[4]	26	5	16	24	33	**46**	24	35	20	**87**	26	29	8	7	2	—	—	—	—
				> −30																					> 160		
Aachen	Winter	—	—	[6]	—	3	2	2	17	11	26	36	59	62	53	72	**82**	67	51	33	24	13	8	4	—	[1]	—
			> −40																								
	Sommer	—	[4]	—	1	4	6	—	24	14	24	34	50	44	62	33	65	**78**	44	44	36	16	11	3	2	—	—
				> −30																	> 120						
Karlsruhe	Winter	—	—	[18]	—	8	8	4	29	20	27	33	**41**	14	26	14	8	7	7	1	[1]	—	—	—	—	—	—
			> −40																				> 130				
	Sommer	—	[24]	—	16	8	4	3	**47**	9	27	**31**	24	25	15	10	18	16	2	2	3	—	[1]	—	—	—	—
		> −60																						> 150			
Höchenschw.	Winter	[11]	3	5	4	3	5	5	10	7	15	20	**23**	7	16	15	11	**20**	8	5	6	5	3	[10]	—	—	—
	Sommer	[20]	2	4	4	2	1	1	8	2	10	16	18	**20**	**20**	12	19	**26**	10	6	10	3	2	3	1	—	10
		> −40																									
Breslau	Winter	[4]	—	3	—	1	4	—	**67**	15	35	27	**99**	37	26	19	21	31	7	8	1	1	1	1	—	—	1
	Sommer	[3]	—	—	2	6	8	—	**57**	8	24	45	**97**	33	14	17	13	30	6	9	2	7	1	—	—	—	—
				> −30																							
Schneekoppe	Winter	—	—	[11]	—	3	2	—	37	8	14	17	**50**	28	17	22	30	**48**	18	19	15	**31**	7	3	3	1	14
	Sommer	—	—	[7]	—	—	2	1	23	6	17	24	**62**	18	16	27	15	**75**	10	15	**21**	**20**	6	9	2	1	14

Scheitelwerthe.

Tab. 7.

		Cyklonen									Anticyklonen								
		N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Mittel	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Mittel
Furnes	Winter	94	53	93	*34*	50	**96**	77 94	94	52 94	37	37	26	8 *24*	94	95	**112**	94	36 95
	Sommer	**96**	52	**96**	*5*	50	74 94	95	95	54 95	94	35	25	*6*	56	95	**115**	95	55 94
	Jahr . . .	**95**	52	**95**	*34*	50	**95**	**95**	**95**	53 95	94	36	26	*7*	56	95	**114**	94	94
Aachen	Winter	47 85	76	**95**	*34*	*35*	70	*36* 55	62	85	**90**	64 85	85	40	35 80	70	*25*	57 75	55 85
	Sommer	93	65 90 **112**	**117** **122**	*5*	32	65	45	62	65 93	**93**	60	**93**	*25* 55 85	85	*54*	65	75	55 92
	Jahr . . .	44 93	85	**105** **122**	*34*	*35*	65	45	62	90	**93**	80	85	*40*	84	55	65	75	93
Karlsruhe	Winter	43	**65**	−25	*5*	43	**65**	—	*7*	42	25	58	15	*5*	43	**80**	—	*5*	6 44
	Sommer	37	**87**	*6*	*5*	34	66	—	*5*	6 35	41	75	*5*	*7*	35	**82**	−40	*6*	6 35
	Jahr . . .	42	65 **95**	*6*	*5*	43	65	—	*6*	7 39	27	67	10	*6*	36	**81**	—	*5*	6 35

Digitized by Google

Scheitelwerthe.

Tab. 7.

		Cyklonen									Anticyklonen								
		N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Mittel	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Mittel
Höchenschw.	Winter .	42	69	—	−5	−5 27	7 45	55	8 34 **96**	42 94	**115**	95	—	5	37	66	45	95	6
	Sommer	45	93	**125**	5	5	6 55	—	95	93	44	**95**	—	10	34	67 **94**	42	74	7 44
	Jahr . . .	42	65 83	**125**	0	4	7	55	26	44 94	44 **115**	**95**	—	6	37	77 **92**	−40	5	6 35
Breslau	Winter .	45	6 44	45	**50**	6	6	6 45	47	6 46	44	5	41	**51**	44	5	8 46	45	6 45
	Sommer	**45**	5	43	**45**	35	44	**45**	**45**	6 45	**75**	5	36	**75**	46	5	5 45	45	6 43
	Jahr . . .	**45**	6	44	**46**	6	6	45	**46**	6 46	44	5	36	46 **75**	45	5	45	45	6 45
Schneekoppe	Winter .	6 94	47 93	90 **135**	56 **134**	5	46	45 95	45	7 46 94	6	45	94	105 **132**	5 95	5 42	46	5	6 45 95
	Sommer	46 95	44 95	95	**125**	—	45	6 94	95	45 95	42 76	44 **135**	95	95 **118**	95	5 44	45	94	45 95
	Jahr . . .	41 94	45 94	94 **133**	**120**	5	45	44 95	45 95	94 133	5 45	44 **134**	95	95	95	5 44	46	45	6 45 94

Mittlere Windstärke.

Furnes.

Tab. 8a.

	Winter									Sommer								
	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Mittel	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Mittel
C_1	**2.1**	**3.0**	2.0	1.8	1.7	2.7	**4.0**	**4.5**	**2.6**	**1.9**	**3.3**	2.2	1.7	1.7	2.0	**4.0**	**3.0**	**2.5**
C_2	**2.9**	2.4	2.2	1.5	2.5	**3.3**	**3.0**	**2.7**	**2.6**	**2.0**	1.8	1.4	2.5	1.8	**2.0**	**2.2**	2.5	2.0
C_3	1.8	2.0	**2.0**	**2.2**	1.8	**2.9**	1.9	2.1	2.1	1.8	1.9	**2.1**	1.9	**1.9**	**2.7**	1.6	**2.0**	1.9
$C_1+C_2+C_3$	**2.2**	2.4	2.1	2.0	1.9	**2.8**	2.1	**2.8**	2.3	1.9	2.1	1.9	1.9	1.9	**2.5**	1.9	**2.2**	2.0
A_1	1.6	1.8	1.7	**1.8**	**2.0**	**2.2**	**2.6**	1.6	1.8	1.5	1.6	1.5	1.4	**1.9**	1.6	**1.7**	**1.7**	1.7
A_2	1.4	1.6	1.6	**1.8**	**1.8**	**1.9**	**2.1**	1.3	1.6	1.6	1.7	1.3	1.5	**2.3**	**2.0**	**1.9**	**1.6**	1.9
A_1+A_2	1.5	1.7	1.6	**1.8**	**1.8**	**1.9**	**2.3**	1.4	1.7	1.6	1.6	1.5	1.4	**2.1**	**1.9**	**1.8**	**1.7**	1.8
C_1 bis A_2	**2.0**	2.2	1.9	1.9	1.9	**2.4**	**2.2**	**2.1**	2.05	1.7	1.9	1.8	1.8	**2.0**	**2.1**	1.8	**1.9**	1.90

$C = 2.2$ $A = 1.5$ $C = 1.7$ $A = 1.9$

Digitized by Google

Mittlere Windstärke.

Aachen.

Tab. 8b.

	Winter									Sommer								
	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Mittel	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Mittel
C_1	**5.0**	**4.1**	3.8	3.0	1.7	1.0	**5.0**	**5.0**	**4.3**	**5.2**	**4.9**	**3.5**	2.0	2.0	2.0	—	**4.0**	**4.2**
C_2	**4.6**	**4.7**	2.4	1.5	2.0	1.8	2.4	**4.4**	4.1	**4.7**	**4.4**	**2.4**	1.3	2.8	2.2	1.8	**2.8**	3.8
C_3	**4.3**	**4.3**	**2.8**	2.5	2.4	2.1	2.4	**3.4**	3.6	**4.1**	**3.7**	**2.6**	2.2	2.5	2.2	2.4	**3.0**	3.3
$C_1+C_2+C_3$	**4.6**	**4.4**	**3.2**	2.5	2.2	2.0	2.8	**4.1**	3.9	**4.4**	**4.0**	**2.6**	2.1	2.5	2.1	2.2	**3.0**	3.5
A_1	**3.9**	**3.5**	1.5	2.4	2.2	1.9	**2.1**	**2.8**	3.0	**3.5**	**2.6**	2.0	2.0	1.8	2.1	2.0	**2.5**	2.5
A_2	**3.0**	**2.9**	**2.0**	2.3	2.1	2.3	1.9	**2.7**	*2.5*	**2.6**	**2.6**	1.8	1.7	2.2	2.1	**2.6**	**2.5**	*2.4*
A_1+A_2	**3.2**	**3.1**	1.8	2.4	2.1	2.1	**2.0**	**2.8**	2.7	**3.4**	**2.6**	1.9	2.0	2.0	2.1	**2.2**	**2.5**	2.5
C_1 bis A_2	**4.0**	**4.0**	**2.6**	2.4	2.1	2.1	2.3	**3.4**	3.36	**4.0**	**3.6**	**2.4**	2.0	2.2	2.1	2.2	**2.7**	2.98

$C = 2.9$ $A = 2.0$ $C = 2.6$ $A = 2.2$

Karlsruhe.

Tab. 8c.

C_1+C_2	**4.8**	**3.0**	2.3	1.1	2.0	1.4	**3.5**	**4.4**	**3.0**	**3.7**	3.3	1.6	2.0	1.3	**4.0**	**2.5**	**3.2**	**2.9**
C_3	**3.6**	**2.3**	1.8	1.9	1.6	1.9	**2.0**	**3.2**	2.6	**3.1**	**2.1**	1.6	1.6	2.0	1.7	**3.0**	**3.2**	2.5
$C_1+C_2+C_3$	**3.9**	**2.6**	2.1	1.4	1.6	1.7	**2.5**	**4.1**	2.8	**3.2**	**2.3**	1.6	1.9	1.9	2.1	**2.8**	**3.2**	2.6
A_1	**2.8**	1.6	1.0	2.1	2.0	1.6	**2.3**	**3.5**	2.3	**2.2**	1.7	1.4	1.8	1.7	**1.9**	**2.9**	**3.2**	2.2
A_2	**2.7**	1.4	1.6	2.2	1.9	**1.9**	**1.8**	**3.3**	*2.1*	**2.0**	**1.8**	2.0	1.5	1.7	1.5	2.0	**2.8**	*1.9*
A_1+A_2	**2.7**	1.4	1.5	2.2	1.9	**1.8**	**2.0**	**3.5**	2.1	**2.1**	**1.7**	1.6	1.7	1.7	1.6	**2.4**	**3.0**	2.1
C_1 bis A_2	**3.4**	**2.1**	1.8	2.0	1.8	1.8	**2.0**	**3.6**	2.49	**2.9**	**2.1**	1.6	1.8	1.8	2.2	**2.5**	**3.1**	2.34

$C = 3.0$ $A = 1.4$ $C = 2.0$ $A = 1.7$

Höchenschwand.

Tab. 8d.

C_1+C_2	**4.3**	**3.2**	3.0	2.0	2.3	2.2	**7.0**	**4.5**	**3.6**	**4.4**	**2.5**	1.3	1.9	1.7	2.0	**1.5**	**3.4**	**2.9**
C_3	**3.6**	**2.5**	1.8	1.3	1.7	2.0	**2.0**	**3.0**	2.7	**3.1**	2.2	1.2	2.4	2.2	**3.0**	**3.0**	**2.6**	2.6
$C_1+C_2+C_3$	**3.9**	**2.8**	2.5	1.7	2.1	2.1	**3.7**	**3.8**	3.1	**3.4**	2.2	1.2	2.1	2.1	**2.8**	**2.2**	**2.7**	2.7
A_1	**2.4**	2.2	1.5	2.4	1.5	**2.6**	**3.4**	**3.6**	*2.6*	**2.8**	1.4	**1.5**	2.4	2.4	**2.3**	1.3	**2.5**	*2.1*
A_2	2.4	2.0	1.9	**2.5**	**3.7**	**3.1**	**2.2**	2.1	*2.6*	3.0	1.7	**4.0**	**2.4**	**3.1**	**2.9**	1.7	1.5	2.3
A_1+A_2	2.4	2.1	1.9	2.5	**3.5**	**2.9**	**2.5**	**2.5**	2.6	2.8	1.6	**2.0**	**2.4**	**2.9**	**2.6**	1.7	2.1	2.2
C_1 bis A_2	**3.4**	2.5	2.2	2.3	3.1	**2.6**	**2.7**	**3.2**	2.83	**3.3**	2.1	1.5	2.3	2.6	**2.7**	**1.8**	**2.4**	2.39

$C = 3.2$ $A = 2.3$ $C = 2.5$ $A = 2.0$

Digitized by Google

Mittlere Windstärke.

Breslau.

Tab. 8e.

	Winter									Sommer								
	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Mittel	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Mittel
C_1	**3.5**	**2.8**	1.4	1.5	—	1.0	**3.7**	**4.7**	**3.0**	3.0	**3.0**	**4.0**	—	**5.0**	2.5	2.0	**3.0**	**3.1**
C_2	**2.8**	2.7	2.2	2.4	1.6	**3.0**	**4.0**	**4.2**	2.9	2.7	**2.4**	2.1	1.7	**2.8**	2.0	**3.1**	**3.9**	2.8
C_3	**2.8**	**2.5**	2.3	2.4	2.2	2.3	**3.4**	**4.3**	2.8	2.3	**3.2**	2.3	1.9	2.3	2.4	**3.2**	**4.0**	2.9
$C_1+C_2+C_3$	**2.9**	**2.6**	2.3	2.3	2.0	2.4	**3.6**	**4.3**	2.9	2.4	**3.0**	2.3	1.9	**2.5**	2.3	**2.5**	**4.0**	2.9
A_1	2.7	**2.9**	2.2	2.2	**3.3**	2.5	**3.6**	**3.1**	2.8	**2.6**	**2.1**	2.1	1.7	1.4	1.8	**2.5**	**2.4**	*2.2*
A_2	**2.1**	2.3	2.0	2.2	1.9	**2.4**	**3.0**	**3.7**	*2.5*	**1.7**	1.6	1.8	1.8	1.7	**2.8**	**2.2**	**2.7**	*2.2*
A_1+A_2	**2.3**	**2.5**	2.1	2.2	2.1	2.4	**3.2**	**3.5**	2.6	**2.4**	1.9	2.0	1.8	1.6	**2.3**	**2.4**	**2.5**	2.2
C_1 bis A_2	**2.7**	**2.6**	2.2	2.3	2.1	2.4	**3.3**	**4.0**	2.77	**2.4**	**2.7**	2.2	1.8	1.9	2.3	**2.4**	**3.2**	2.56
	$C = 2.2$				$A = 2.0$					$C = 2.6$				$A = 1.7$				

Schneekoppe.

Tab. 8f.

C_1	**6.5**	5.1	4.1	3.0	—	**6.0**	**5.3**	**8.0**	**5.8**	5.5	5.3	**5.0**	2.0	**7.0**	**6.0**	3.0	**5.0**	5.2
C_2	**5.9**	**5.9**	5.0	4.5	5.0	5.4	**6.0**	**6.4**	5.7	5.6	5.7	3.9	3.8	**6.7**	5.7	**5.7**	**7.3**	**5.8**
C_3	**5.6**	4.5	4.2	4.8	4.5	**5.1**	**6.9**	**6.8**	5.1	**5.9**	4.3	4.4	3.8	5.3	**4.9**	**6.1**	**6.0**	5.3
$C_1+C_2+C_3$	**5.8**	5.1	4.4	4.5	4.7	**5.2**	**6.6**	**6.9**	5.33	**5.8**	4.8	4.4	3.8	5.7	**5.1**	**6.0**	**6.3**	5.38
A_1	5.0	4.0	3.9	3.3	**8.0**	**4.5**	**5.7**	**6.0**	5.0	**5.3**	3.5	4.2	3.4	3.0	**3.7**	**4.5**	**4.2**	*4.2*
A_2	4.1	4.6	3.9	4.3	**4.6**	4.6	**5.3**	**5.6**	*4.7*	3.0	2.9	**4.2**	4.4	**4.2**	**5.2**	4.1	**5.2**	4.3
A_1+A_2	4.5	4.4	3.9	4.2	**4.8**	**4.6**	**5.4**	**5.7**	4.8	**4.8**	3.4	4.2	3.8	3.8	**4.0**	**4.3**	**4.5**	4.2
C_1 bis A_2	**5.3**	4.8	4.2	4.3	4.7	**4.9**	**5.9**	**6.2**	5.13	**5.5**	4.3	4.3	3.8	4.5	**4.7**	**4.9**	**5.4**	4.84
	$C = 6.5$				$A = 4.1$					$C = 3.9$				$A = 2.3$				

Fortpflanzungs-Richtung der Cyklonen.

$\alpha =$ > 90° im W-Quadranten bei der Schneekoppe.

Tab. 9a.

Fortpflanzungs-Richtung	Gradient S						Gradient SE						Gradient E						Summe
	Lage der Anticyklonen																		
	N-Europa	NW-Europa	SW-Europa	W-Europa	NE-Europa	Atlantischer Ozean	N-Europa	NW-Europa	W-Europa	SW-Europa	NE-Europa	Atlantischer Ozean	N-Europa	NW-Europa	SW-Europa	W-Europa	NE-Europa	Atlantischer Ozean	
N	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—	4
NW	1	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	1	—	2	1†)	—	—	—	6
W	1	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	2	1	7
SW	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	2
S	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	2
SE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	1
E	—	—	—	—	—	1	—	—	—	1*)	—	—	—	—	—	—	1	—	3
NE	—	1	—	2	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4
Keine best. Richtung	1	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	3
Summe	5	2	—	3	1	2	1	—	—	1	—	3	1	3	4	—	3	3	32

*) Maximum über SW- und NE-Europa.
†) " " " " E- "

Digitized by Google

Fortpflanzungs-Richtung der Cyklonen.

Tab. 9b.

Fortpflanzungs-Richtung	$\alpha = > 90°$ Gradient S	SE	E	Summe	$\alpha = < 90°$ Gradient S	SE	E	Summe	Fortpflanzungs-Richtung
N	2	2	—	4	2	2	7	11	N
NW	2	1	3	6	1*)	—	—	1	NW
W	2	—	5	7	—	—	1	1	W
SW	—	—	2	2	—	—	—	—	SW
S	1	—	1	2	1	—	—	1	S
SE	—	—	1	1	3	14	8	25	SE
E	1	1	1	3	2	8	22	32	E
NE	4	—	—	4	4	3	12	19	NE
Nicht berücksicht.	1	1	1	3	4	11	9	24	Nicht berücksicht.
Summe	13	5	14	32	17	38	59	114	Summe

*) Im Norden lag schon ein Minimum.

II. Theil.

Vertheilung der Ablenkungswinkel und Windstärken bei verschiedenen Entfernungen vom Centrum der Luftdruck-Systeme.

Entfernungen der Stationen in km vom Centrum der Cyklonen und Anticykl.

Furnes.

Tab. 10a.

	Winter N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Mittel	Sommer N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Mittel
C_1	**680**	660	570	*370*	580	550	410	550	*603*	**810**	530	370	530	530	350	*300*	580	*552*
C_2	**1080**	970	950	780	800	*470*	630	680	886	740	740	750	**940**	*480*	540	750	830	754
C_3	1230	**1360**	*890*	1140	1080	1160	990	1060	1150	1030	**1120**	1100	1040	*750*	910	950	1020	1000
$C_1+C_2+C_3$	1010	1020	*780*	900	960	**1040**	810	860	945	930	950	880	**970**	*685*	800	870	940	903
A_1	1360	1270	1550	1280	*980*	**1820**	1470	1680	**1390**	1560	*960*	1140	1130	1310	1830	**2230**	2200	**1630**
A_2	*720*	1250	**1330**	1250	1160	900	1000	1060	1010	1190	1290	1150	710	*700*	1000	**1330**	**1330**	1060
A_1+A_2	*920*	1260	**1460**	1260	1150	1130	1160	1200	1170	1420	1040	1140	1000	*940*	1240	1760	**1820**	1354
	$C = 99$			$A = 267$						$C = 122$			$A = 208$					

Breslau.

Tab. 10b.

C_1	660	**910**	730	700	—	600	*520*	540	*765*	680	525	500	—	**900**	*125*	650	600	*459*
C_2	860	**940**	910	*520*	720	650	700	760	844	520	960	**1080**	920	760	410	*400*	800	832
C_3	1190	**1330**	1170	1000	850	950	*710*	1060	1110	940	**1200**	990	*660*	760	760	880	900	942
$C_1+C_2+C_3$	1020	**1140**	1020	890	820	850	*700*	940	994	850	**1130**	980	700	770	*670*	770	760	899
A_1	*1220*	1430	**1620**	1390	1300	1300	1600	*1400*	**1400**	2010	1130	*970*	1210	1320	1480	**2240**	1900	**1570**
A_2	*700*	920	1160	**1290**	870	1020	1220	940	1040	1160	*480*	750	980	960	1060	1170	**1550**	1150
A_1+A_2	970	1100	1260	**1300**	*920*	1050	1290	1120	1140	1770	907	*880*	1110	1230	1310	**1930**	1860	1400
	$C = 180$			$A = 321$						$C = 162$			$A = 206$					

Digitized by Google

I. *Cyklonen.*

Vertheilung der Fälle nach dem jeweiligen Abstande vom Centrum der *C.*

Furnes.

Tab. IIa.

km	Winter									Sommer								
	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Summe	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Summe
0– 222	3	6	2	7	2	1	3	9	33	6	2	7	1	3	2	3	4	28
222– 444	16	15	7	4	1	1	3	11	58	6	11	4	6	5	6	3	5	46
444– 666	12	16	12	7	8	5	6	10	**76**	13	11	4	1	9	7	7	14	66
666– 888	11	15	10	6	3	3	4	14	66	15	13	4	5	6	2	4	16	65
888–1110	10	12	9	6	14	11	3	12	**77**	21	23	8	7	3	6	7	18	**93**
1110–1332	14	12	4	2	6	5	2	8	53	10	3	6	1	1	5	—	12	38
1332–1554	22	7	1	3	2	3	1	4	43	9	5	2	3	1	1	1	7	29
1554–1776	10	11	2	1	1	1	—	3	29	3	4	2	2	1	—	2	3	17
1776–1998	2	8	1	2	—	—	—	2	15	1	3	—	—	1	—	—	—	5
1998–2220	4	4	—	1	—	1	—	2	12	1	1	—	2	—	—	2	1	7
> 2220	—	1	—	2	1	2	1	—	7	—	1	2	—	—	—	—	1	4

km	Jahr								
	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Summe
0– 222	9	8	9	8	5	3	6	13	61
222– 444	22	26	11	10	6	7	6	16	104
444– 666	25	27	16	8	17	12	13	24	142
666– 888	26	28	14	11	9	5	8	30	131
888–1110	31	35	17	13	17	17	10	30	**170**
1110–1332	24	15	10	3	7	10	2	20	91
1332–1554	31	12	3	6	3	4	2	11	72
1554–1776	13	15	4	3	2	1	2	6	46
1776–1998	3	11	1	2	1	—	—	2	20
1998–2220	5	5	—	3	—	1	2	3	19
> 2220	—	2	2	2	1	2	1	1	11

Breslau.

Tab. IIb.

km	Winter									Sommer								
	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Summe	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Summe
0– 222	5	3	7	1	1	—	2	4	23	1	1	6	4	1	3	6	5	27
222– 444	6	9	4	3	2	4	7	6	41	5	8	7	5	1	6	7	11	50
444– 666	18	5	5	4	4	7	8	11	62	17	4	4	5	2	4	8	16	60
666– 888	17	18	6	1	8	4	7	7	68	21	8	5	6	6	3	7	14	**70**
888–1110	16	26	12	5	3	2	6	9	**79**	12	13	15	2	4	3	6	19	**74**
1110–1332	11	8	6	4	—	1	1	4	35	12	12	2	2	—	2	3	4	37
1332–1554	5	5	5	1	1	—	1	5	23	2	4	3	1	—	1	1	7	19
1554–1776	8	7	4	—	—	1	2	2	24	2	6	1	1	—	—	—	2	12
1776–1998	9	9	2	—	—	—	—	1	21	3	5	2	—	—	—	2	4	16
1998–2220	5	10	3	—	1	—	—	2	21	—	4	2	—	—	—	2	—	8
> 2220	—	3	1	1	—	1	—	1	7	—	1	2	—	—	—	—	1	4

Digitized by Google

Vertheilung der Fälle nach dem jeweiligen Abstande vom Centrum der *C.*

Breslau. (Forts. von Tab. 11b.)

km	Jahr								
	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Summe
0– 222	6	4	13	5	2	3	8	9	50
222– 444	11	17	11	8	3	10	14	17	91
444– 666	35	9	9	6	11	16	27	122	
666– 888	38	26	11	7	14	7	14	21	138
888–1110	28	39	27	7	7	5	12	28	**153**
1110–1332	23	20	8	6	—	3	4	8	72
1332–1554	7	9	8	2	1	1	2	12	42
1554–1776	10	13	5	1	—	1	2	4	36
1776–1998	12	14	4	—	—	—	2	5	37
1998–2220	5	14	5	—	1	—	2	2	29
> 2220	—	4	3	1	—	1	—	2	11

Schneekoppe.

Tab. 11c.

km	Winter									Sommer								
	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Summe	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Summe
0– 222	1	3	8	2	—	1	2	3	20	1	2	5	6	1	3	1	4	23
222– 444	6	7	6	2	2	4	2	3	32	4	5	7	6	—	6	6	8	42
444– 666	21	7	6	3	5	8	11	9	**70**	16	7	7	3	6	6	9	11	65
666– 888	15	15	6	3	6	2	6	12	65	23	12	3	6	4	2	7	20	**77**
888–1110	13	27	9	1	2	1	6	6	65	10	14	12	1	3	2	5	11	58
1110–1332	13	11	7	2	—	—	2	5	40	10	13	4	2	—	2	4	8	43
1332–1554	6	3	7	1	—	2	1	6	26	8	4	3	1	—	1	2	6	25
1554–1776	9	10	3	—	—	1	3	2	28	3	8	2	2	—	—	—	5	20
1776–1998	9	9	4	—	—	—	—	1	23	3	4	3	—	—	—	2	4	16
1998–2220	4	7	2	—	—	—	—	1	14	—	4	1	—	—	—	1	1	7
> 2220	1	3	1	1	—	1	—	2	9	—	—	2	—	—	—	—	1	3

km	Jahr								
	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Summe
0– 222	2	5	13	8	1	4	3	7	43
222– 444	10	12	13	8	2	10	8	11	74
444– 666	37	14	13	6	11	14	20	20	135
666– 888	38	27	9	9	10	4	13	32	**142**
888–1110	23	41	21	2	5	3	11	17	123
1110–1332	23	24	11	4	—	2	6	13	83
1332–1554	14	7	10	2	—	3	3	12	51
1554–1776	12	18	5	2	—	1	3	7	48
1776–1998	12	13	7	—	—	—	2	5	39
1998–2220	4	11	3	—	—	—	1	2	21
> 2220	1	3	3	1	—	1	—	3	12

Digitized by Google

Vertheilung der Fälle nach dem jeweiligen Abstande vom Centrum der *C* in den einzelnen Zonen.

Tab. 12.

km	Furnes								Breslau								Schneekoppe							
	Winter				Sommer				Winter				Sommer				Winter				Sommer			
	C	C_1	C_2	C_3	*C*	C_1	C_2	C_3	*C*	C_1	C_2	C_3	*C*	C_1	C_2	C_3	*C*	C_1	C_2	C_3	*C*	C_1	C_2	C_3
0– 222	**9**	14	5	5	**9**	7	5	7	**2**	6	6	9	**8**	2	3	14	**3**	4	6	7	**9**	**4**	1	9
222– 444	1	31	15	11	1	**14**	16	15	1	5	15	20	3	4	11	32	1	5	12	14	3	2	7	30
444– 666	1	**36**	14	25	—	4	**22**	40	—	**14**	16	32	—	**6**	17	37	—	**19**	19	32	—	**4**	**23**	38
666– 888	—	14	**21**	30	—	6	19	40	—	10	**24**	34	—	1	**20**	49	—	8	**23**	34	—	**4**	19	**54**
888–1110	—	15	19	**44**	—	6	23	**64**	—	8	**24**	**47**	—	1	8	**65**	—	7	17	**41**	—	1	3	**54**
1110–1332	—	6	13	34	—	3	6	29	—	2	13	20	—	—	9	28	—	5	16	19	—	—	11	32
1332–1554	—	3	7	33	—	—	4	25	—	2	6	15	—	—	2	17	—	1	7	18	—	—	3	22
1554–1776	1	—	5	23	—	—	1	17	—	—	2	22	—	—	2	10	—	—	4	24	—	—	3	17
1776–1998	—	—	3	12	—	—	—	5	—	—	6	15	—	—	4	12	—	—	4	19	—	—	3	13
1998–2220	—	—	2	10	—	—	—	7	—	—	—	21	—	—	—	8	—	—	—	14	—	—	—	7
> 2220	—	—	—	7	—	—	1	3	—	—	—	7	—	—	—	4	—	—	—	9	—	—	—	3
Summe	12	119	104	234	10	40	97	252	3	47	112	242	11	14	76	276	4	49	108	231	12	15	73	279

Mittlere Ablenkungswinkel.

Furnes.

Tab. 13a.

km	Winter									Sommer								
	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Mittel	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Mittel
0– 222	97	63	90	35	50	31	58	70	*63*	72	27	83	0	49	82	80	78	69
222– 444	76	50	59	77	21	52	51	83	66	82	61	106	18	37	81	89	81	*66*
444– 666	88	61	67	29	57	49	94	92	**69**	99	54	77	20	40	71	81	88	**74**
666– 888	69	59	57	45	40	85	91	88	68	77	66	42	34	49	81	88	98	73
888–1110	85	55	59	29	56	89	70	78	66	90	54	48	11	54	70	92	93	70
1110–1332	73	67	60	68	50	85	96	85	**72**	85	41	48	35	74	58	—	96	**74**
1332–1554	69	54	29	27	43	87	72	86	65	78	74	40	8	35	35	66	95	69
1554–1776	80	42	99	14	43	90	—	60	*60*	55	16	14	0	79	—	76	84	*41*
1776–1998	49	65	125	17	—	—	—	85	(64)	85	64	—	—	—	—	—	—	(77)
1998–2220	63	47	—	18	—	86	—	86	(75)	72	31	—	20	—	—	87	90	(58)
> 2220	—	48	—	19	71	—	41	—	—	—	50	55	—	—	—	—	115	(69)

Jahreswerthe

km	Rohe									Ausgeglichene								
	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Mittel	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Mittel
0– 222	81	54	85	31	49	62	69	73	*65.8*	78	54	82	35	44	62	69	76	*65.9*
222– 444	77	55	76	42	34	62	68	82	66.0	82	56	77	36	41	63	73	82	67.3
444– 666	94	58	70	28	48	66	87	90	**71.4**	84	58	67	34	44	70	83	90	69.7
666– 888	74	62	53	41	46	84	89	96	70.1	82	59	58	32	49	79	88	92	**70.0**
888–1110	88	55	57	19	56	83	85	87	68.3	82	58	55	34	53	80	89	90	**69.9**
1110–1332	78	63	53	57	53	71	96	92	**72.8**	79	61	50	38	50	75	86	91	**70.2**
1332–1554	73	64	37	18	39	74	69	92	66.9	74	56	46	24	46	77	78	87	65.2
1554–1776	74	35	56	5	55	90	76	72	*54.1*	70	50	68	11	49	85	74	80	*69.5*
1776–1998	61	65	125	17	—	—	—	85	(66.9)	65	52	102	14	—	—	—	82	(64.2)
1998–2220	65	44	—	19	—	86	87	87	(68.8)	63	50	—	18	—	—	—	94	(64.3)
> 2220	—	49	55	19	71	—	—	115	(52.6)	—	47	—	19	—	—	—	106	(58.0)

Digitized by Google

Mittlere Ablenkungswinkel.

Breslau.

Tab. 13b.

km	Winter									Sommer								
	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Mittel	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Mittel
0– 222	47	72	56	70	32	—	36	35	**50**	70	0	49	35	(–20)	64	38	38	*47.5*
222– 444	34	36	30	46	45	69	42	45	*42*	59	41	49	51	34	36	55	47	48
444– 666	59	65	41	47	43	16	35	54	**48**	72	25	52	47	10	49	33	52	**52**
666– 888	50	48	23	(–90)	54	27	38	47	45	54	37	36	74	60	37	54	50	51
888–1110	64	40	30	50	28	27	31	45	*43*	65	50	51	69	25	52	41	52	**52**
1110–1332	45	49	30	61	—	0	(135)	55	48	57	19	57	24	—	49	38	44	*40*
1332–1554	51	42	56	69	68	—	18	52	**51**	74	54	28	45	—	7	44	57	50
1554–1776	44	51	50	—	—	68	40	68	50	67	22	28	83	—	—	—	33	35
1776–1998	67	59	62	—	—	—	—	31	(60)	45	33	45	—	—	—	42	43	(40)
1998–2220	76	33	45	—	30	—	—	72	(48)	—	7	14	—	—	—	45	—	(18)
> 2220	—	91	40	25	—	45	—	45	(61)	—	0	23	—	—	—	—	45	(22)

km	Jahreswerthe																	
	Rohe									Ausgeglichene								
	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Mittel	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Mittel
0– 222	50	54	53	42	32	64	38	36	49.1	44	49	49	44	35	59	41	39	47.9
222– 444	39	39	42	49	41	50	48	46	*45.5*	48	44	46	47	36	48	42	45	*47.4*
444– 666	65	46	46	47	32	28	34	53	**49.5**	56	44	40	54	40	34	40	48	**48.1**
666– 888	53	44	28	74	56	31	46	49	47.7	59	44	36	62	42	33	40	50	48.0
888–1110	65	42	42	54	26	42	36	50	47.1	58	40	38	58	36	37	45	50	*46.4*
1110–1332	51	31	37	52	—	33	62	49	*43.9*	56	38	40	53	—	29	48	51	*46.4*
1332–1554	58	48	46	53	68	7	31	55	**50.4**	54	41	44	60	—	29	41	52	47.4
1554–1776	48	37	46	83	—	68	40	51	44.6	54	42	48	73	—	48	38	50	**48.0**
1776–1998	63	46	54	—	—	—	42	41	(52.4)	62	38	46	—	—	—	42	51	(47.3)
1998–2220	76	25	32	—	30	—	45	72	(39.9)	72	41	36	—	—	—	44	58	(44.8)
> 2220	—	68	28	25	—	45	—	45	(47.1)	—	54	29	—	—	—	—	54	(44.7)

Schneekoppe.

Tab. 13c.

km	Winter									Sommer								
	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Mittel	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Mittel
0– 222	90	65	93	82	—	19	28	61	*67*	42	126	116	106	124	64	0	47	**88**
222– 444	80	75	117	25	90	47	(–43)	76	74	58	72	89	104	—	71	82	75	80
444– 666	67	75	112	64	94	46	61	49	*68*	60	72	86	98	100	48	55	66	*69*
666– 888	60	96	123	138	72	99	72	86	**85**	73	66	94	132	76	151	72	79	**81**
888–1110	53	77	113	115	66	80	71	72	75	78	96	95	138	50	33	39	67	78
1110–1332	68	75	94	70	—	—	112	63	75	83	90	88	126	—	49	11	69	77
1332–1554	64	88	103	120	—	34	63	58	75	63	85	103	180	—	52	60	69	77
1554–1776	94	76	96	—	—	35	72	96	83	68	68	82	124	—	—	—	53	71
1776–1998	69	83	118	—	—	—	—	31	(81)	45	64	90	—	—	—	19	83	(65)
1998–2220	44	81	112	—	—	—	—	111	(87)	—	71	117	—	—	—	90	116	(86)
> 2220	132	111	85	154	—	0	—	39	(86)	—	—	135	—	—	—	—	90	(120)

Digitized by Google

Mittlere Ablenkungswinkel.

Schneekoppe. (Forts. von Tab. 13c.)

km	Jahreswerthe																	
	Rohe									Ausgeglichene								
	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Mittel	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Mittel
0– 222	66	92	102	100	124	50	9	53	**80.2**	68	86	102	95	113	54	33	60	**79.3**
222– 444	71	75	102	84	90	61	82	75	77.4	68	79	101	87	100	55	58	65	76.0
444– 666	64	74	98	81	97	47	58	58	*68.5*	67	76	103	95	89	70	68	68	*74.3*
666– 888	68	82	114	134	73	125	72	82	**82.8**	66	80	107	119	74	86	65	73	77.7
888–1110	64	83	102	126	54	49	57	69	76.7	68	83	102	121	60	68	58	72	**78.0**
1110–1332	74	83	92	98	—	49	45	67	75.7	69	84	98	118	—	47	52	67	*75.9*
1332–1554	63	86	103	150	—	40	61	64	*75.6*	72	82	97	130	—	41	60	65	76.3
1554–1776	87	72	90	124	—	35	72	66	78.3	75	77	98	133	—	37	56	67	76.6
1776–1998	63	77	106	—	—	—	19	73	(74.4)	64	76	104	—	—	—	50	81	(78.4)
1998–2220	44	78	114	—	—	—	90	113	(86.4)	71	86	113	—	—	—	66	89	(85.6)
> 2220	132	111	118	154	—	0	—	56	(95.3)	103	100	117	—	—	—	—	75	(92.3)

Mittlere Ablenkungswinkel in den 4 Quadranten.

Tab. 14.

km	Furnes								Breslau								Schneekoppe							
	Winter				Sommer				Winter				Sommer				Winter				Sommer			
	N	E	S	W	N	E	S	W	N	E	S	W	N	E	S	W	N	E	S	W	N	E	S	W
0– 222	*40*	58	76	*68*	51	**72**	*69*	*79*	45	**59**	**55**	*36*	*32*	43	*47*	**51**	*61*	*88*	69	*32*	97	**113**	67	*44*
222– 444	57	**61**	71	70	44	65	73	82	**54**	*35*	*36*	**47**	36	**53**	48	49	**74**	95	**78**	38	*74*	*82*	68	78
444– 666	50	56	**80**	**87**	47	61	**86**	82	*34*	48	**59**	37	36	45	**63**	*44*	71	91	*66*	55	85	*84*	*63*	*57*
666– 888	58	58	71	**96**	46	53	82	**93**	46	37	49	39	**61**	45	51	**50**	**81**	**111**	74	**80**	**106**	90	73	**81**
888–1110	61	51	74	80	43	48	81	**89**	*36*	*36*	52	*36*	38	**52**	57	48	*54*	92	66	72	*56*	96	**81**	52
1110–1332	**74**	**69**	74	83	**59**	*47*	**85**	85	49	41	47	**70**	**42**	*30*	*44*	*42*	70	*84*	68	**79**	88	92	**82**	*41*
1332–1554	52	*43*	*70*	83	*25*	*47*	81	82	**69**	**54**	49	42	*25*	*41*	**61**	50	63	**101**	*63*	52	**116**	**104**	67	64
1554–1776	(69	54	*70*	*68*	*39*	12	*50*	80	68	50	48	52	84	28	37	33	34	83	**78**	73	125	81	64	54)

Mittlere Windstärke.

Furnes.

Tab. 15a.

km	Winter									Sommer								
	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Mittel	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Mittel
0– 222	2.0	3.4	1.5	1.4	3.0	6.0	2.8	2.1	*2.28*	1.1	2.0	1.7	2.0	2.0	1.5	2.0	1.7	*1.57*
222– 444	2.2	2.2	2.4	2.8	—	2.0	3.7	2.7	2.38	1.5	2.7	1.5	1.3	1.5	2.6	3.0	3.2	**2.22**
444– 666	2.2	2.7	1.6	2.3	2.7	3.2	3.2	3.6	**2.50**	1.8	2.1	2.0	1.0	1.8	3.0	1.6	2.1	2.02
666– 888	2.7	2.6	2.1	1.7	3.0	1.3	1.7	2.3	2.32	2.3	2.2	3.0	2.2	2.4	4.0	1.7	2.1	1.99
888–1110	2.7	2.6	2.3	1.8	1.6	3.2	1.8	2.5	**2.69**	1.9	1.8	2.2	1.6	2.0	2.7	1.9	2.3	**2.11**
1110–1332	2.8	2.7	1.8	2.4	1.5	2.4	2.0	3.1	2.30	1.7	2.0	1.4	2.0	1.0	1.4	—	1.9	*1.77*
1332–1554	2.0	1.9	2.0	1.7	2.4	2.0	1.0	3.2	1.91	1.4	1.8	2.0	2.5	1.5	2.0	2.0	2.0	1.80
1554–1776	2.0	1.9	2.0	1.0	1.0	2.0	—	2.0	*1.83*	2.0	1.8	2.0	1.5	—	—	1.5	2.5	1.95
1776–1998	1.5	2.4	2.0	1.5	—	—	—	2.2	(1.93)	2.0	1.3	—	—	1.0	2.5	—	—	—
1998–2220	3.0	1.5	—	2.0	—	3.5	—	1.3	(3.00)	1.0	2.0	—	1.0	—	—	1.5	2.0	—
> 2220	—	1.5	—	2.0	2.0	—	1.0	—	—	—	2.0	1.0	—	—	—	—	1.0	—

Digitized by Google

Mittlere Windstärke.

Furnes. (Forts. von Tab. 15a.)

km	Jahreswerthe Rohe									Jahreswerthe Ausgeglichene								
	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Mittel	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Mittel
0— 222	1.6	2.7	1.6	1.5	2.5	3.0	2.4	1.9	*1.95*	1.7	2.6	1.8	1.6	2.2	2.8	2.7	2.2	*2.07*
222— 444	2.0	2.4	2.1	1.9	1.5	2.5	3.3	2.9	**2.30**	1.9	2.5	1.9	1.8	2.0	2.8	2.8	2.6	2.20
444— 666	2.0	2.5	1.7	2.1	2.3	3.1	2.0	2.5	2.26	2.1	2.4	2.0	2.0	2.2	3.0	2.2	2.5	**2.25**
666— 888	2.4	2.4	2.4	2.0	2.6	3.3	1.7	2.2	2.17	2.3	2.4	2.2	2.0	2.3	3.2	1.8	2.4	2.24
888—1110	2.3	2.1	2.3	1.7	1.7	2.9	1.8	2.4	**2.38**	2.3	2.3	2.2	1.9	1.8	2.7	1.8	2.4	**2.26**
1110—1332	2.3	2.5	1.6	2.2	1.4	1.6	2.0	2.4	2.10	2.2	2.2	1.9	2.0	1.7	2.0	1.8	2.4	2.12
1332—1554	1.7	1.9	2.0	2.0	2.2	2.0	1.5	2.5	1.89	1.9	2.0	1.9	1.8	1.7	1.9	1.6	2.4	*1.94*
1554—1776	2.0	1.8	2.0	1.3	1.0	2.0	1.5	2.3	1.87	1.8	1.9	2.0	1.7	1.3	2.0	1.5	2.3	*1.92*
1776—1998	1.7	2.1	2.0	1.5	1.0	—	—	2.2	(2.05)	2.0	1.9	2.0	1.4	1.0	—	—	2.0	(2.10)
1998—2220	2.6	1.6	—	1.5	—	3.5	1.5	1.5	(2.43)	2.3	1.8	—	1.5	—	—	—	1.7	(2.30)
> 2220	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Breslau.

Tab. 15b.

km	Winter									Sommer								
	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Mittel	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Mittel
0— 222	3.4	2.7	1.7	2.0	2.0	—	3.0	5.8	3.05	2.0	2.0	2.3	2.0	(1.0)	3.0	3.7	2.8	2.67
222— 444	2.3	3.3	2.8	1.3	1.5	2.2	4.0	5.8	**3.27**	2.6	2.4	2.8	1.6	3.0	2.2	3.4	4.0	2.89
444— 666	2.8	2.8	2.4	2.2	1.5	2.6	4.4	4.7	**3.30**	2.5	2.5	3.0	2.0	3.5	2.2	4.4	3.7	**3.07**
666— 888	3.1	2.3	2.3	2.0	2.9	2.7	2.6	3.4	2.57	2.6	2.2	3.2	1.8	1.8	2.0	3.7	3.7	2.73
888—1110	2.6	3.2	2.8	2.4	1.8	2.7	4.0	3.8	3.09	2.5	2.0	1.8	2.0	2.7	2.0	2.2	4.0	2.61
1110—1332	3.0	1.9	2.5	4.0	—	3.0	1.0	5.8	*2.52*	2.2	2.0	3.0	1.3	—	2.5	3.7	4.0	*2.52*
1332—1554	3.0	2.4	2.2	1.0	1.0	—	3.0	4.6	**3.48**	2.0	1.2	2.0	3.0	—	2.0	4.0	4.3	2.84
1554—1776	3.6	2.3	1.8	—	—	2.0	4.0	2.0	2.88	2.5	2.2	1.0	1.0	—	—	—	3.5	2.17
1776—1998	2.7	2.0	3.0	—	—	—	—	4.0	(2.67)	1.3	2.8	2.0	—	—	—	2.5	3.5	(2.57)
1998—2220	2.2	2.5	1.3	—	2.0	—	—	3.0	(2.29)	—	1.7	2.5	—	—	—	2.5	—	(2.13)
> 2220	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

km	Jahreswerthe Rohe									Jahreswerthe Ausgeglichene								
	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Mittel	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Mittel
0— 222	3.2	2.5	2.0	2.0	2.0	3.0	3.5	4.1	2.84	3.0	2.6	2.3	1.8	2.0	2.7	3.6	4.3	2.91
222— 444	2.5	2.9	2.8	1.5	2.0	2.2	3.7	4.6	3.06	2.7	2.8	2.6	1.8	2.0	2.5	3.8	4.4	3.04
444— 666	2.6	2.7	2.6	2.1	2.2	2.5	4.4	4.1	**3.18**	2.6	2.6	2.8	1.9	2.2	2.4	3.8	4.1	**3.02**
666— 888	2.8	2.3	2.7	1.9	2.4	2.4	2.9	3.7	*2.65*	2.7	2.5	2.8	2.1	2.4	2.5	3.3	3.8	2.84
888—1110	2.5	2.8	2.2	2.3	2.5	2.6	3.1	3.9	2.86	2.6	2.5	2.6	2.1	2.5	2.6	3.0	4.1	*2.72*
1110—1332	2.6	2.0	2.6	2.0	—	2.7	3.0	4.9	*2.52*	2.6	2.2	2.4	2.1	—	2.5	3.2	4.5	*2.77*
1332—1554	2.7	1.9	2.1	2.0	1.0	2.0	3.5	4.4	**3.19**	2.8	2.0	2.1	1.8	—	2.2	3.5	4.2	**2.88**
1554—1776	3.4	2.2	1.6	1.0	—	2.0	4.0	3.2	2.64	3.0	2.1	2.0	1.3	—	2.0	3.5	3.6	2.77
1776—1998	2.5	2.2	2.5	—	—	—	2.5	3.6	(2.62)	2.6	2.2	2.1	—	—	—	3.0	3.4	(2.53)
1998—2220	2.2	2.3	1.8	—	2.0	—	2.5	3.0	(2.25)	2.3	2.3	2.0	—	—	—	2.5	3.2	(2.37)
> 2220	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Digitized by Google

Mittlere Windstärke.

Schneekoppe. Tab. 15c.

km	Winter									Sommer								
	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Mittel	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Mittel
0– 222	6.5	6.8	4.0	4.5	—	3.0	6.0	7.7	*5.14*	5.0	3.0	4.6	3.7	7.0	7.0	3.0	3.5	*4.40*
222– 444	6.0	7.0	6.2	4.5	5.0	5.0	7.0	8.0	**6.19**	5.5	5.2	3.3	3.3	—	6.3	7.0	6.5	5.57
444– 666	5.6	6.3	4.2	6.0	4.6	5.4	7.9	7.6	6.07	6.1	3.1	5.0	5.0	6.8	3.8	5.7	6.3	5.48
666– 888	7.4	3.8	3.0	3.7	5.0	2.5	5.5	6.6	5.26	5.9	6.0	8.0	3.8	4.0	2.0	6.9	7.3	**6.09**
888–1110	5.3	5.6	5.7	4.0	4.0	5.0	6.2	5.5	5.46	5.9	5.0	4.6	2.0	5.7	8.0	4.6	5.9	5.14
1110–1332	5.0	4.9	4.9	7.0	—	—	4.0	6.4	**6.05**	7.4	5.2	4.8	3.5	—	6.0	6.5	6.1	**5.91**
1332–1554	6.7	4.3	4.3	—	—	8.0	6.0	6.0	5.54	4.5	5.0	3.3	6.0	—	4.0	7.5	5.8	5.04
1554–1776	6.7	4.3	5.3	—	—	4.0	8.0	7.0	5.11	4.3	4.0	5.0	2.5	—	—	—	5.4	4.35
1776–1998	5.6	4.2	4.5	—	—	—	—	4.0	(5.83)	3.7	3.0	3.0	—	—	—	7.5	7.0	(4.88)
1998–2220	3.5	5.1	2.5	—	—	—	—	10.0	(4.66)	—	3.0	4.0	—	—	—	3.0	6.0	(3.57)
> 2220	8.0	2.3	—	—	—	—	—	3.0	—	—	—	4.5	—	—	—	—	4.0	—

Jahreswerthe

km	Rohe									Ausgeglichene								
	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Mittel	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Mittel
0– 222	6.3	5.2	4.1	3.9	7.0	6.0	5.2	5.3	*4.86*	6.1	5.6	4.3	3.9	6.3	5.9	5.8	5.8	*5.14*
222– 444	5.8	6.4	4.7	3.8	5.0	5.6	7.0	6.8	5.70	5.9	5.7	4.5	4.2	5.7	5.5	6.5	6.4	5.51
444– 666	5.8	4.7	4.6	5.5	5.8	4.7	6.8	6.8	**5.79**	6.0	5.2	4.4	4.6	5.3	4.3	6.7	6.8	**5.75**
666– 888	6.4	5.1	3.7	3.7	4.6	2.2	6.2	7.0	5.71	6.0	5.1	4.2	4.0	4.9	4.0	6.2	6.6	5.63
888–1110	5.6	5.4	5.0	3.0	4.6	7.0	5.4	5.8	5.31	5.9	5.2	4.6	3.7	4.6	5.6	5.7	6.2	5.59
1110–1332	6.0	5.0	4.8	5.2	—	6.0	5.7	6.2	**6.02**	5.8	5.0	4.6	4.2	—	6.6	6.0	6.0	**5.66**
1332–1554	5.4	4.7	4.0	3.5	—	7.3	7.0	5.9	5.30	5.7	4.6	4.5	3.7	—	6.2	6.9	6.0	5.35
1554–1776	6.1	4.2	5.2	2.5	—	4.0	8.0	5.9	*4.79*	5.7	4.2	4.6	2.8	—	5.1	7.6	6.0	*5.08*
1776–1998	5.3	3.8	3.9	—	—	—	7.5	6.4	(5.43)	5.0	4.0	4.0	—	—	—	6.5	6.7	(4.98)
1998–2220	3.5	4.4	3.0	—	—	—	3.0	8.0	(4.29)	5.1	4.2	3.3	—	—	—	4.5	6.4	(4.67)
> 2220	8.0	—	—	—	—	—	—	3.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

II. *Anticyklonen.*

Vertheilung der Fälle nach dem jeweiligen Abstande vom Centrum der *A.*

Furnes. Tab. 16a.

km	Winter									Sommer								
	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Summe	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Summe
0– 222	3	1	2	5	8	4	1	10	34	—	—	—	5	14	5	4	1	29
222– 444	11	—	2	1	6	3	2	5	30	2	3	1	4	9	12	2	6	39
444– 666	12	12	3	4	10	7	3	7	**58**	11	10	3	3	12	5	3	9	**56**
666– 888	7	9	3	6	5	3	2	9	44	8	8	2	2	7	6	3	7	43
888–1110	7	10	1	7	7	5	10	13	**60**	7	7	3	4	12	17	5	4	**59**
1110–1332	6	10	2	5	4	2	2	3	34	6	1	—	2	5	8	3	5	30
1332–1554	1	3	7	5	3	2	1	3	25	3	1	1	1	5	3	3	3	20
1554–1776	2	3	2	1	4	2	—	4	18	1	3	2	—	2	1	—	1	10
1776–1998	4	—	2	2	1	2	1	1	13	3	—	—	1	1	7	2	3	17
1998–2220	3	6	5	—	4	2	3	4	27	—	3	1	—	2	4	5	9	24
2220–2442	1	1	—	4	1	—	1	2	10	5	1	—	—	2	—	5	6	19
2442–2664	—	—	—	1	—	1	1	—	*3*	2	1	—	—	2	1	6	5	17
> 2664	1	5	—	2	1	—	—	3	*12*	9	1	1	1	—	3	8	20	43

Digitized by Google

Vertheilung der Fälle nach dem jeweiligen Abstande vom Centrum der *A.*

Furnes. (Forts. von Tab. 16a.

km	Jahreswerthe									km	Jahreswerthe								
	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Summe		N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Summe
0— 222	3	1	2	10	22	9	5	11	63	1554—1776	3	6	4	1	6	3	—	5	28
222— 444	13	3	3	5	15	15	4	11	69	1776—1998	7	—	2	3	2	9	3	4	30
444— 666	23	22	6	7	22	12	6	16	**114**	1998—2220	3	9	6	—	6	6	8	13	51
666— 888	15	17	5	8	12	9	5	16	87	2220—2442	6	2	—	4	3	—	6	8	29
888—1110	14	17	4	11	19	22	15	17	**119**	2442—2664	2	1	—	1	2	2	7	5	*20*
1110—1332	12	11	2	7	9	10	5	8	64	> 2664	10	6	1	3	1	3	8	23	55
1332—1554	4	4	8	6	8	5	4	6	45										

Breslau.

Tab. 16b.

km	Winter									Sommer								
	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Summe	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Summe
0— 222	1	2	1	1	2	1	4	4	16	3	6	6	2	4	5	4	3	33
222— 444	9	6	4	3	5	1	7	8	43	3	4	4	5	1	3	7	9	36
444— 666	15	6	1	6	4	2	5	12	51	6	4	7	3	3	2	7	15	47
666— 888	6	9	7	10	3	4	6	5	50	1	2	7	3	4	5	4	7	33
888—1110	6	8	11	7	5	5	6	11	**59**	2	4	9	4	6	5	12	9	**51**
1110—1332	7	1	6	4	2	4	3	6	33	5	7	6	—	5	8	8	5	44
1332—1554	1	1	6	4	1	1	7	4	25	2	2	1	4	2	1	8	3	23
1554—1776	2	1	7	4	1	—	2	4	21	—	1	1	1	1	3	5	4	16
1776—1998	3	3	2	5	—	2	4	3	22	1	—	1	2	1	1	2	3	11
1998—2220	1	5	1	4	2	—	7	1	21	1	2	2	3	2	1	3	4	18
2220—2442	3	—	1	1	—	—	2	2	9	—	—	—	1	—	1	—	2	4
2442—2664	—	2	3	—	—	—	1	1	7	2	—	—	—	—	1	3	2	8
> 2664	1	1	1	3	—	—	3	4	13	9	1	—	—	—	1	17	25	53

km	Jahreswerthe									km	Jahreswerthe								
	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Summe		N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Summe
0— 222	4	8	7	3	6	6	8	7	49	1554—1776	2	2	8	5	2	3	7	8	37
222— 444	12	10	8	8	6	4	14	17	79	1776—1998	4	3	3	7	1	3	6	6	33
444— 666	21	10	8	9	7	4	12	27	98	1998—2220	2	7	3	7	4	1	10	5	39
666— 888	7	11	14	13	7	9	10	12	83	2220—2442	3	—	1	2	—	1	2	4	13
888—1110	8	12	20	11	11	10	18	20	**110**	2442—2664	2	2	3	—	—	1	4	3	15
1110—1332	12	8	12	4	7	12	11	11	77	> 2664	10	2	1	3	—	1	20	29	66
1332—1554	3	3	7	8	3	2	15	7	48										

Digitized by Google

Vertheilung der Fälle nach dem jeweiligen Abstande vom Centrum der *A.*

Schneekoppe.

Tab. 16 c.

km	Winter									Sommer								
	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Summe	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Summe
0– 222	1	2	1	—	3	—	4	4	15	1	6	8	1	3	—	4	1	24
222– 444	14	6	3	3	3	1	6	11	47	5	4	4	1	2	2	7	15	40
444– 666	20	9	2	4	6	2	4	10	**57**	4	5	6	5	3	2	5	9	39
666– 888	5	10	6	13	1	3	2	7	47	1	3	6	4	2	5	5	3	29
888–1110	6	5	7	6	5	3	6	9	47	1	6	7	4	4	5	8	7	42
1110–1332	6	5	8	1	1	4	3	5	33	7	7	5	—	6	8	8	6	**47**
1332–1554	3	1	9	4	1	2	8	6	34	2	3	2	4	3	2	7	5	28
1554–1776	3	3	4	3	1	—	—	3	17	—	1	3	2	1	1	6	1	15
1776–1998	2	1	2	2	—	2	5	2	16	5	—	2	2	1	2	1	2	15
1998–2220	1	4	3	1	1	1	1	—	12	—	2	3	3	2	2	1	2	15
2220–2442	3	1	2	—	1	—	2	2	11	2	—	—	1	—	1	3	3	10
2442–2664	—	3	2	1	—	—	1	1	8	2	—	—	—	—	—	2	2	6
> 2664	1	1	1	3	—	—	3	3	12	8	—	—	—	1	1	11	26	47

km	Jahreswerthe									km	Jahreswerthe								
	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Summe		N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Summe
0– 222	2	8	9	1	6	—	8	5	39	1554–1776	3	4	7	5	2	1	6	4	32
222– 444	19	10	7	4	5	3	13	26	87	1776–1998	7	1	4	4	1	4	6	4	31
444– 666	24	14	8	9	9	4	9	19	**96**	1998–2220	1	6	6	4	3	3	2	2	27
666– 888	6	13	12	17	3	8	7	10	76	2220–2442	5	1	2	1	1	1	5	5	21
888–1110	7	11	14	10	9	8	14	16	**89**	2442–2664	2	3	2	1	—	—	3	3	14
1110–1332	13	12	13	1	7	12	11	11	80	> 2664	9	1	1	3	1	1	14	29	59
1332–1554	5	4	11	8	4	4	15	11	62										

Mittlere Ablenkungswinkel.

Furnes.

Tab. 17 a.

km	Winter									Sommer								
	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Mittel	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Mittel
0– 222	48	108	60	46	71	62	90	68	64	—	—	—	14	50	75	77	85	*53*
222– 444	43	—	13	90	76	94	99	112	**69**	94	70	0	14	47	76	102	98	66
444– 666	65	39	54	30	58	101	74	84	61	70	58	67	23	55	57	95	89	66
666– 888	74	35	48	30	70	103	105	53	*57*	69	33	10	16	51	88	100	80	61
888–1110	44	51	22	35	61	82	102	75	65	62	37	26	23	56	75	78	69	58
1110–1332	63	55	16	31	65	85	56	91	*57*	75	90	—	10	51	75	72	92	**70**
1332–1554	49	30	61	19	62	109	115	119	62	52	31	50	24	60	64	101	108	69
1554–1776	94	32	28	90	82	89	—	58	65	25	35	32	—	49	85	—	59	*45*
1776–1998	40	—	39	16	70	97	118	90	*40*	89	—	—	50	50	72	74	76	73
1998–2220	44	36	88	—	73	90	83	82	**68**	—	31	70	—	42	81	96	99	**81**
2220–2442	39	32	—	32	90	—	90	56	(52)	71	40	—	—	60	—	87	83	(76)
2442–2664	—	—	—	52	—	87	115	—	—	20	20	—	—	78	30	101	76	(72)
> 2664	75	77	—	24	55	—	—	—	—	83	52	58	0	—	88	80	80	(74)

Digitized by Google

Mittlere Ablenkungswinkel.

Furnes.

(Forts. von Tab. 17a.)

km	Jahreswerthe								
	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Mittel
0— 222	48	108	60	30	57	69	79	69	*59*
222— 444	50	70	8	30	58	80	101	105	**67**
444— 666	67	48	61	27	56	77	84	87	63
666— 888	73	34	33	26	59	93	102	65	*59*
888—1110	53	45	25	31	58	77	94	74	62
1110—1332	69	58	16	25	57	77	66	92	63
1332—1554	51	31	60	20	61	82	104	112	65
1554—1776	71	35	30	90	71	87	—	58	*57*
1776—1998	55	—	39	22	60	78	88	79	*57*
1998—2220	44	34	77	—	62	85	91	89	**74**
2220—2442	66	36	—	32	75	—	88	61	(67)
2442—2664	20	20	—	52	78	59	103	76	(64)
> 2664	82	73	58	16	55	88	80	76	(74)

Breslau.

Tab. 17b.

km	Winter								
	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Mittel
0— 222	45	45	0	50	62	0	33	54	41
222— 444	68	22	36	63	79	60	42	30	**48**
444— 666	45	0	52	47	66	40	50	44	42
666— 888	45	10	37	40	82	35	52	47	40
888—1110	46	16	32	72	44	46	35	51	42
1110—1332	42	0	42	55	68	13	34	47	*39*
1332—1554	0	40	52	76	73	76	28	52	48
1554—1776	60	12	41	68	90	—	34	57	**52**
1776—1998	48	29	62	72	—	39	10	74	**48**
1998—2220	0	39	75	80	21	—	15	0	*35*
2220—2442	40	—	29	35	—	—	69	45	(46)
2442—2664	—	0	24	—	—	—	45	53	(24)
> 2664	44	29	45	58	—	—	64	42	(50)

km	Sommer								
	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Mittel
0— 222	52	12	34	54	50	41	48	49	*39*
222— 444	54	18	39	65	69	27	38	63	47
444— 666	51	4	51	32	47	0	29	52	*40*
666— 888	45	0	36	61	77	44	28	26	*40*
888—1110	80	60	35	78	71	45	35	48	48
1110—1332	69	53	24	—	(104)	49	50	60	49
1332—1554	38	35	32	79	73	0	42	69	48
1554—1776	—	0	24	90	90	71	44	44	52
1776—1998	72	—	55	85	90	90	52	46	**58**
1998—2220	30	41	52	96	62	65	29	44	**53**
2220—2442	—	—	—	90	—	80	—	37	(61)
2442—2664	52	—	—	—	—	90	51	62	(66)
> 2664	81	90	—	—	—	68	41	46	(48)

km	Jahreswerthe								
	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Mittel
0— 222	50	21	29	53	54	34	40	52	*40*
222— 444	65	20	37	64	77	36	40	48	48
444— 666	48	2	51	43	58	20	38	48	41
666— 888	45	8	36	44	79	40	42	35	*40*
888—1110	54	31	33	75	59	46	35	50	45
1110—1332	52	46	35	55	93	37	47	53	44
1332—1554	25	37	49	77	73	38	36	59	48
1554—1776	60	6	39	73	90	71	41	54	**52**
1776—1998	54	29	60	75	90	56	24	60	**51**
1998—2220	15	40	59	87	42	65	19	35	43
2220—2442	40	—	29	62	—	80	69	41	(50)
2442—2664	52	0	24	—	—	90	50	58	(43)
> 2664	61	60	45	58	—	68	44	44	(49)

Digitized by Google

Mittlere Ablenkungswinkel.

Schneekoppe.

Tab. 17c.

km	Winter									Sommer								
	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Mittel	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Mittel
0– 222	90	90	45	—	89	—	48	11	*54*	120	110	89	87	60	—	48	0	*59*
222– 444	80	58	77	63	73	60	31	54	63	49	88	64	74	80	45	63	75	66
444– 666	73	92	94	72	73	85	58	54	73	74	98	84	82	77	45	56	54	71
666– 888	76	80	64	78	90	60	45	61	72	84	83	104	120	110	63	49	90	**86**
888–1110	70	49	85	96	45	91	62	67	*70*	75	74	73	104	64	27	75	67	69
1110–1332	60	63	98	105	180	100	37	48	**75**	64	49	82	—	47	69	45	82	*62*
1332–1554	12	29	123	93	90	38	52	42	69	38	68	101	62	70	90	55	45	*62*
1554–1776	60	92	76	153	0	—	—	21	76	—	45	103	106	45	122	52	95	76
1776–1998	110	117	94	146	—	61	57	22	79	45	—	103	176	180	68	57	63	82
1998–2220	90	68	98	131	0	40	135	—	**80**	—	108	94	111	90	90	43	78	**93**
2220–2442	55	45	79	—	90	—	114	45	(71)	45	—	—	135	—	35	105	73	(79)
2442–2664	—	60	106	125	—	—	45	53	(77)	39	—	—	—	—	—	76	45	(54)
> 2664	74	29	180	118	—	—	124	56	(98)	78	—	—	—	78	23	65	66	(67)

km	Jahreswerthe									km	Jahreswerthe								
	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Mittel		N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Mittel
0– 222	105	105	83	87	75	—	48	9	*57*	1554–1776	60	81	88	136	23	122	52	40	76
222– 444	72	70	70	65	76	50	49	66	65	1776–1998	64	117	99	163	180	64	57	42	80
444– 666	73	94	87	78	74	65	57	54	72	1998–2220	90	81	96	116	60	73	69	78	**87**
666– 888	78	81	84	88	103	62	47	70	**77**	2220–2442	51	45	79	135	90	35	109	62	(75)
888–1110	71	62	80	99	54	51	70	67	70	2442–2664	39	60	106	125	—	—	63	48	(67)
1110–1332	62	54	93	105	66	79	42	67	67	> 2664	78	29	180	118	78	23	78	65	(73)
1332–1554	22	58	119	78	75	64	53	43	*66*										

Ausgeglichene Jahreswerthe.

Tab. 18.

km	Furnes									Breslau								
	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Mittel	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Mittel
0– 222	49	95	43	30	57	73	86	81	*62*	55	21	32	57	62	35	40	51	*43*
222– 444	54	74	34	29	57	76	91	92	**64**	58	16	38	56	66	32	40	49	44
444– 666	64	50	41	28	57	82	93	86	63	53	18	44	48	68	29	40	45	42
666– 888	66	40	38	28	58	85	96	73	*61*	49	19	39	52	69	36	39	42	*41*
888–1110	62	46	25	28	58	81	89	76	62	52	29	34	62	72	42	40	47	44
1110–1332	60	48	29	25	58	78	82	92	63	46	40	38	66	80	40	41	54	45
1332–1554	60	43	42	39	62	82	91	94	62	40	32	43	70	82	46	40	56	48
1554–1776	62	34	40	56	66	84	—	77	*59*	50	20	44	74	86	60	36	57	**51**
1776–1998	56	—	46	45	63	82	89	76	61	46	26	54	78	78	62	27	52	**49**
1998–2220	52	35	64	—	65	83	90	80	**68**	31	36	52	78	58	66	33	43	47
2220–2442	49	32	—	39	72	—	92	72	(**68**)	37	—	35	70	—	79	52	44	(46)
2442–2664	47	37	—	38	72	—	94	72	(67)	51	—	30	—	—	82	53	50	(46)
> 2664	61	55	—	28	63	—	88	76	(**71**)	58	—	38	—	—	75	46	49	(47)

Digitized by Google

Mittlere Ablenkungswinkel.

Ausgeglichene Jahreswerthe. (Forts. von Tab. 18.)

km	Schneekoppe								
	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Mittel
0— 222	94	93	79	80	75	—	48	28	*60*
222— 444	80	85	78	74	75	55	51	49	65
444— 666	74	85	82	77	82	60	52	61	72
666— 888	75	80	84	88	84	60	55	65	**74**
888—1110	70	65	84	98	69	61	57	68	71
1110—1332	54	57	96	97	65	68	52	61	*68*
1332—1554	42	63	105	99	60	82	50	48	69

km	Schneekoppe								
	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Mittel
1554—1776	52	84	98	128	75	93	54	41	74
1776—1998	70	99	96	144	111	81	59	50	81
1998—2220	74	81	92	132	98	61	76	65	**82**
2220—2442	58	58	90	128	80	48	88	62	(76)
2442—2664	52	48	118	126	—	—	78	56	(70)
> 2664	65	39	155	120	—	—	73	59	(71)

Mittlere Windstärke.

Furnes. Tab. 19a.

km	Winter								
	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Mittel
0— 222	1.7	1.0	1.5	1.8	1.5	1.8	4.0	2.0	**1.86**
222— 444	1.4	—	2.0	2.0	1.8	1.7	1.5	1.6	1.60
444— 666	1.5	1.5	1.3	1.8	1.8	1.7	1.7	1.3	1.56
666— 888	1.1	1.4	1.7	1.7	2.0	3.3	3.0	1.2	*1.50*
888—1110	1.9	1.7	2.0	1.1	1.6	2.0	2.6	1.5	**1.78**
1110—1332	1.5	1.4	1.0	1.8	1.5	2.0	2.5	1.3	1.56
1332—1554	1.0	2.0	1.4	1.4	1.7	2.0	2.0	1.3	*1.38*
1554—1776	1.0	2.0	1.5	1.0	2.0	1.5	—	1.5	1.62
1776—1998	1.3	—	1.0	1.5	2.0	1.5	3.0	1.0	*1.27*
1998—2220	1.0	1.2	1.6	—	1.8	1.0	1.7	1.8	1.51
2220—2442	1.0	1.0	—	1.2	2.0	—	2.0	1.0	(1.45)
2442—2664	—	—	—	2.0	—	2.0	1.0	—	(1.50)
> 2664	1.0	1.4	—	2.0	1.0	—	—	1.0	(1.42)

km	Sommer								
	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Mittel
0— 222	—	—	—	2.2	1.8	1.8	1.5	1.0	*1.69*
222— 444	1.0	1.0	2.0	1.2	2.1	1.6	3.0	1.5	1.72
444— 666	1.7	1.6	1.0	1.3	2.1	1.8	2.0	2.0	1.79
666— 888	1.5	1.5	2.0	2.0	1.9	2.2	2.7	1.6	1.80
888—1110	1.3	1.4	1.3	1.3	2.8	2.0	1.6	2.0	1.90
1110—1332	1.5	1.0	—	1.5	1.8	2.0	2.0	2.6	1.90
1332—1554	2.0	2.0	1.0	2.0	2.8	2.0	1.3	1.3	1.95
1554—1776	2.0	2.7	1.5	—	1.5	4.0	—	2.0	**2.20**
1776—1998	1.3	—	—	1.0	2.0	2.0	2.5	1.7	1.85
1998—2220	—	1.7	2.0	—	1.5	2.0	1.6	1.8	*1.75*
2220—2442	1.6	2.0	—	—	1.5	—	1.8	1.7	(1.69)
2442—2664	2.0	2.0	—	—	1.5	1.0	1.7	1.8	(1.59)
> 2664	1.3	2.0	2.0	1.0	—	1.7	1.4	1.5	(1.45)

km	Jahreswerthe								
	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Mittel
0— 222	1.7	1.0	1.5	2.0	1.6	1.8	2.0	1.9	1.78
222— 444	1.3	1.0	2.0	1.4	2.0	1.7	2.2	1.5	1.67
444— 666	1.6	1.6	1.2	1.6	2.0	1.8	1.8	1.7	1.67
666— 888	1.3	1.5	1.8	1.8	1.9	2.7	2.8	1.4	*1.65*
888—1110	1.6	1.6	1.5	1.2	2.3	2.0	2.3	1.6	**1.84**
1110—1332	1.5	1.3	1.0	1.7	1.7	2.0	2.2	2.1	1.72
1332—1554	1.8	2.0	1.4	1.5	2.4	2.0	1.5	1.3	1.63

km	Jahreswerthe								
	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Mittel
1554—1776	1.3	2.3	1.5	1.0	1.8	2.3	—	1.6	**1.82**
1776—1998	1.3	—	1.0	1.3	2.0	1.9	2.7	1.5	*1.46*
1998—2220	1.0	1.3	1.8	—	1.7	1.8	1.6	1.8	1.65
2220—2442	1.5	1.5	—	1.2	1.7	—	1.8	1.2	(1.60)
2442—2664	2.0	2.0	—	2.0	1.5	1.5	1.6	1.8	(1.55)
> 2664	1.2	1.5	2.0	1.7	1.0	1.7	1.4	1.4	(1.44)

Digitized by Google

Mittlere Windstärke.

Breslau.

Tab. 19b.

km	Winter									Sommer								
	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Mittel	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Mittel
0– 222	1.0	1.5	3.0	1.0	1.5	1.0	2.5	2.0	*1.88*	1.3	2.8	1.5	1.5	1.2	1.4	2.0	1.3	*1.55*
222– 444	2.8	2.3	2.5	2.3	1.8	1.0	3.0	2.5	2.49	1.0	1.5	2.0	1.2	1.0	2.3	2.1	2.6	1.92
444– 666	3.5	2.7	2.0	2.8	1.8	1.5	3.0	4.0	2.82	1.7	1.5	2.1	1.3	2.2	2.0	1.6	2.4	2.02
666– 888	3.8	2.7	2.1	2.7	2.0	3.2	3.5	3.8	**2.96**	2.0	1.5	1.7	2.3	1.5	2.6	2.5	2.0	2.04
888–1110	2.2	3.2	1.8	2.4	2.2	1.2	3.3	4.4	2.73	4.0	1.8	2.3	2.2	1.7	2.0	2.5	1.9	**2.22**
1110–1332	2.1	3.0	2.7	1.7	2.5	1.5	2.7	3.5	*2.37*	2.2	2.6	2.0	—	1.6	2.0	2.0	3.2	2.20
1332–1554	3.0	4.0	1.8	2.2	1.0	3.0	3.6	2.8	2.56	3.5	2.5	1.0	2.2	1.5	3.0	2.9	3.3	**2.65**
1554–1776	3.5	3.0	1.6	1.5	4.0	—	2.5	4.8	**2.81**	—	2.0	2.0	2.0	1.0	2.7	3.2	1.2	2.25
1776–1998	2.3	2.3	1.5	1.6	—	2.0	4.0	4.3	2.46	1.0	—	1.0	1.0	2.0	1.0	1.5	5.0	*2.17*
1998–2220	4.0	1.8	1.0	1.5	1.5	—	3.1	2.0	*2.24*	4.0	2.5	1.5	1.7	1.5	2.0	2.3	3.3	2.33
2220–2442	2.0	—	2.0	2.0	—	—	2.0	3.0	(2.22)	—	—	—	2.0	—	1.0	—	2.0	(1.75)
2442–2664	—	2.0	3.3	—	—	—	2.0	3.0	(3.00)	2.5	—	—	—	—	1.0	3.0	2.5	(2.50)
> 2664	2.0	3.0	3.0	2.0	—	—	2.7	2.3	(2.25)	2.8	1.0	—	—	—	1.0	2.0	2.1	(2.27)

km	Jahreswerthe									km	Jahreswerthe								
	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Mittel		N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Mittel
0– 222	1.2	2.5	1.7	1.3	1.4	1.3	2.2	1.7	*1.66*	1554–1776	3.5	2.3	1.7	1.6	2.5	2.7	3.0	3.0	2.57
222– 444	2.4	2.0	2.2	1.6	1.7	2.0	2.6	2.6	2.23	1776–1998	2.0	2.3	1.3	1.4	2.0	1.5	3.2	4.7	2.37
444– 666	2.2	2.2	2.1	2.6	2.0	1.8	2.2	3.1	2.44	1998–2220	4.0	2.0	1.3	1.6	1.5	2.0	2.3	3.0	*2.28*
666– 888	3.6	2.5	1.9	2.6	1.7	2.8	3.1	2.6	**2.60**	2220–2442	2.0	—	2.0	2.0	—	1.0	2.0	2.5	(2.08)
888–1110	2.6	2.8	2.1	2.4	1.9	1.6	2.8	3.2	2.49	2442–2664	2.5	2.0	3.3	—	—	1.0	2.7	2.7	(2.74)
1110–1332	2.1	2.7	2.4	1.7	1.9	1.8	2.2	3.4	*2.27*	> 2664	2.7	2.0	3.0	2.0	—	1.0	2.1	2.2	(2.26)
1332–1554	3.3	3.0	1.7	2.2	1.3	3.0	3.2	3.0	**2.59**										

Schneekoppe.

Tab. 19c.

km	Winter									Sommer								
	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Mittel	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Mittel
0– 222	1.0	2.0	4.0	—	4.7	—	4.2	4.0	*2.99*	2.0	3.3	2.4	2.0	3.0	—	2.5	4.0	*2.71*
222– 444	4.2	3.3	5.0	3.7	5.7	4.0	5.4	5.7	4.87	4.8	4.3	4.8	3.0	3.0	6.0	5.1	5.3	4.75
444– 666	4.2	4.6	2.0	5.6	5.5	5.0	7.2	5.3	4.95	4.2	3.0	3.0	3.8	3.7	6.0	4.0	3.1	3.67
666– 888	5.0	5.4	4.5	5.2	4.0	6.0	4.0	6.3	5.28	3.0	3.7	2.7	3.2	3.0	6.2	4.0	3.0	3.80
888–1110	6.0	6.4	4.6	5.0	4.4	4.7	6.3	6.2	**5.53**	10.0	4.2	6.1	3.8	4.5	5.6	5.4	4.9	**4.90**
1110–1332	4.5	3.8	3.2	2.0	4.0	3.5	4.3	4.4	*3.82*	4.4	3.4	5.2	—	3.4	3.3	4.6	6.2	4.28
1332–1554	3.7	7.0	4.2	5.2	8.0	4.0	4.4	6.2	4.86	5.5	3.0	1.5	5.0	2.7	3.5	3.7	3.6	*3.64*
1554–1776	4.7	3.0	4.0	2.0	10.0	—	—	6.0	4.30	—	3.0	4.5	4.0	3.0	4.0	4.8	6.0	**4.14**
1776–1998	8.0	2.0	4.5	4.0	—	6.0	5.6	8.5	**5.75**	3.0	—	7.5	4.5	2.0	5.0	4.0	3.0	3.87
1998–2220	6.0	3.2	1.7	1.0	4.0	4.0	6.0	—	*3.25*	—	4.0	3.5	3.0	4.5	4.5	4.0	8.0	**4.14**
2220–2442	3.7	2.0	2.5	—	4.0	—	6.0	5.5	(4.09)	4.5	—	—	3.0	—	2.0	6.0	4.0	(3.60)
2442–2664	—	3.3	7.0	1.0	—	—	5.0	7.0	(4.63)	3.5	—	—	—	—	—	3.5	4.5	(3.83)
> 2664	2.0	4.0	5.0	2.0	—	—	4.3	5.7	(3.92)	5.8	—	—	—	3.0	4.0	3.9	4.3	(4.49)

Digitized by Google

Mittlere Windstärke.

Schneekoppe. (Forts. von Tab. 19c)

km	Jahreswerthe									km	Jahreswerthe								
	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Mittel		N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Mittel
0— 222	1.5	2.9	2.6	2.0	3.8	—	3.0	4.0	*2.82*	1554—1776	4.7	3.0	4.2	2.8	6.5	4.0	4.8	6.0	4.22
222— 444	4.4	3.5	4.9	3.5	5.2	5.3	5.3	5.4	4.82	1776—1998	4.4	2.0	6.0	4.2	2.0	5.5	5.3	5.0	4.84
444— 666	4.2	4.0	2.8	5.2	5.2	5.5	5.4	4.2	4.43	1998—2220	6.0	3.5	2.4	2.5	4.3	4.3	5.0	8.0	*3.75*
666— 888	4.7	5.0	3.6	4.8	3.3	6.2	4.0	5.3	4.71	2220—2442	4.0	2.0	2.5	3.0	4.0	2.0	6.0	5.0	(3.86)
888—1110	6.6	5.2	5.4	4.8	4.4	5.0	5.8	5.6	**5.24**	2442—2664	3.5	3.3	7.0	1.0	—	—	4.0	5.3	(4.29)
1110—1332	4.4	3.6	4.0	2.0	3.5	3.4	4.5	5.4	4.09	> 2664	5.4	4.0	5.0	2.0	3.0	4.0	4.0	4.8	(4.37)
1332—1554	4.4	4.0	3.7	5.1	4.0	3.8	4.1	5.0	4.63										

Ausgeglichene Jahreswerthe.

Tab. 20.

km	Furnes									Breslau								
	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Mittel	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Mittel
0— 222	1.6	1.0	1.7	1.8	1.7	1.8	2.1	1.8	1.74	1.6	2.3	1.9	1.4	1.5	1.5	2.3	2.0	*1.85*
222— 444	1.5	1.2	1.7	1.6	1.9	1.8	2.0	1.6	1.70	2.0	2.3	2.2	1.8	1.7	1.8	2.4	2.5	2.14
444— 666	1.4	1.4	1.6	1.6	2.0	2.0	2.2	1.6	*1.67*	2.6	2.2	2.1	2.4	1.8	2.1	2.5	2.8	2.43
666— 888	1.4	1.6	1.6	1.6	2.0	2.3	2.4	1.5	*1.70*	3.0	2.5	2.0	2.6	1.8	2.2	2.8	2.9	**2.53**
888—1110	1.5	1.5	1.4	1.5	2.0	2.2	2.4	1.7	**1.76**	2.7	2.7	2.1	2.3	1.8	1.9	2.7	3.1	2.46
1110—1332	1.6	1.6	1.2	1.5	2.0	2.0	2.0	1.8	1.73	2.5	2.8	2.2	2.0	1.8	2.0	2.6	3.2	*2.40*
1332—1554	1.6	1.9	1.3	1.4	2.1	2.1	1.7	1.6	1.72	3.0	2.8	1.9	1.9	1.8	2.6	2.9	3.1	2.50
1554—1776	1.4	2.2	1.4	1.2	2.0	2.1	—	1.5	1.68	3.1	2.5	1.6	1.7	2.1	2.5	3.1	3.4	**2.52**
1776—1998	1.2	—	1.3	1.2	1.9	2.0	2.3	1.6	1.60	2.9	2.2	1.4	1.5	2.0	1.9	2.9	3.8	2.40
1998—2220	1.2	1.4	1.5	—	1.8	1.8	1.9	1.6	1.59	3.0	2.1	1.5	1.6	1.7	1.6	2.4	3.3	*2.25*
2220—2442	1.5	1.6	1.6	1.5	1.6	—	1.7	1.5	(1.60)	2.6	—	2.2	1.9	—	1.2	2.2	2.7	(2.30)
2442—2664	1.7	1.8	—	1.7	1.4	1.3	1.6	1.6	(1.54)	2.4	2.0	2.9	—	—	1.0	2.4	2.5	(2.46)
> 2664	1.5	1.7	—	1.8	1.2	1.6	1.5	1.5	(1.48)	2.6	2.0	3.1	—	—	1.0	2.3	2.4	(2.42)

km	Schneekoppe									km	Schneekoppe								
	N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Mittel		N	NW	W	SW	S	SE	E	NE	Mittel
0— 222	2.5	3.1	3.4	2.5	4.3	—	3.8	4.5	*3.49*	1554—1776	4.6	3.0	4.5	3.7	4.8	4.3	4.8	5.5	4.47
222— 444	3.6	3.5	3.8	3.6	4.8	5.4	4.8	4.8	4.22	1776—1998	4.9	2.6	4.6	3.4	3.7	4.8	5.1	6.0	4.41
444— 666	4.4	4.1	3.5	4.7	4.7	5.6	5.0	4.8	4.59	1998—2220	5.1	2.8	3.3	3.0	3.6	4.0	5.3	6.5	*4.05*
666— 888	5.0	4.8	3.8	4.8	4.0	5.7	4.8	5.1	4.77	2220—2442	4.4	2.7	3.6	2.4	4.1	2.8	5.2	5.8	(3.94)
888—1110	5.6	4.8	4.6	4.0	3.9	4.9	5.0	5.5	**4.82**	2442—2664	4.1	3.2	5.4	1.8	—	—	4.5	5.1	(4.20)
1110—1332	5.0	4.1	4.3	3.4	3.8	3.9	4.7	5.4	4.51	> 2664	4.8	3.8	5.7	1.7	—	—	4.0	5.0	(4.34)
1332—1554	4.5	3.6	3.9	3.8	4.5	3.8	4.4	5.4	4.39										

Digitized by Google

ANHANG.

Mittlere Ablenkungswinkel und Reibungskoeffizienten.

Ablenkungswinkel und Reibungskoeffizienten.

Tab. 21.

Station		φ	H	α	k
Furnes	Winter	51° 5′	5	63° 58′	0.0000 5543
	Sommer			67° 42′	4655
	Jahr			65° 43′	5120
	Scheitelwerth.			94° 30′	1442
Aachen	Winter	50° 47′	177	68° 49′	0.0000 4379
	Sommer			72° 6′	3650
	Jahr			70° 6′	4090
	Scheitelwerth.			91° 30′	(2156)
Karlsruhe	Winter	49° 1′	124	26° 42′	0.000 21890
	Sommer			28° 49′	18177
	Jahr			27° 48′	20881
	Scheitelwerth.			37°	14610
Höchenschwand	Winter	47° 44′	1010	51° 8′	0.0000 8698
	Sommer			53° 20′	8035
	Jahr			52° 15′	8356
	Scheitelwerth.			?	
Breslau	Winter	51° 7′	147	42° 24′	0.000 12403
	Sommer			43° 55′	11790
	Jahr			43° 8′	12117
	Scheitelwerth.			45° 30′	11155
Schneekoppe	Winter	50° 44′	1603	69° 54′	0.0000 4131
	Sommer			71° 54′	3690
	Jahr			70° 32′	3991
	Scheitelwerth.			94°	1615

Mittlere Ablenkungswinkel und Reibungskoeffizienten von 14 Stationen.

Tab. 22.

No.	Station	φ	α	k	
1	Karlsruhe	49°	28°	0.000 . 21	*Polis*
2	Wien	48°	38°	0.000 . 14	*Åkerblom*
3	Breslau	51°	43°	0.000 . 12	*Polis*
4	Magdeburg	52°	47°	0.000 . 11	*Doerry*
5	Upsala	60°	49°	0.000 . 11	*Hildebrandsson*
6	Höchenschwand H	48°	52°	0.000 . 08	*Polis*
7	Utklippan	56°	64°	0.000 . 06	*Hildebrandsson*
8	Wäderöbod	58½°	65°	0.000 . 06	*Hildebrandsson*
9	Swinemünde	54°	66°	0.000 . 05	*Krankenhagen*
10	Furnes	51°	66°	0.000 . 05	*Polis*
11	Aachen	51°	70°	0.000 . 04	*Polis*
12	Schneekoppe H	51°	71°	0.000 . 04	*Polis*
13	Sandön	58½°	74°	0.000 . 04	*Hildebrandsson*
14	Thorshavn	62°	80°	0.000 . 02	*Åkerblom*

Digitized by Google

Digitized by Google

Eintheilung nach Zonen u. Gradientenrichtungen.

Fig. 1.

Fig. 2.

Karlsruhe.

1 mm = 5 Meilen.

Fig. 3. Cyklone. Winter.

Fig. 4. Antikyklone. Winter.

Fig. 15. Cyklone. Sommer.

Fig. 16. Antikyklone. Sommer.

Breslau.

1 mm = 5 Meilen.

Fig. 17. Winter.

Fig. 18. Sommer.

Maassstab:

Aachen.

1 mm = 10 Meilen.

Fig. 7. Cyklone. Winter.

Fig. 8. Antikyklone. Winter.

Fig. 9. Cyklone. Sommer.

Fig. 10. Antikyklone. Sommer.

Trient.

1 mm = 5 Meilen.

Fig. 5. Cyklone. Winter.

Fig. 6. Antikyklone. Winter.

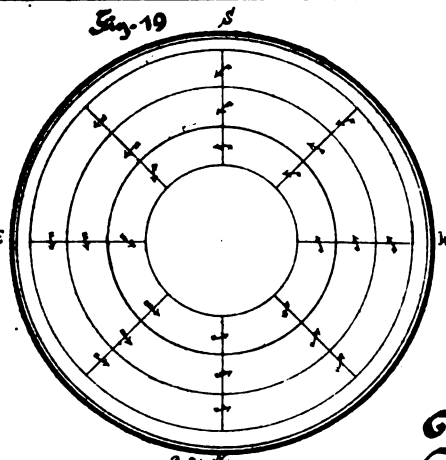
Fig. 13. Cyklone. Sommer.

Fig. 14. Antikyklone. Sommer.

Digitized by Google

Digitized by Google

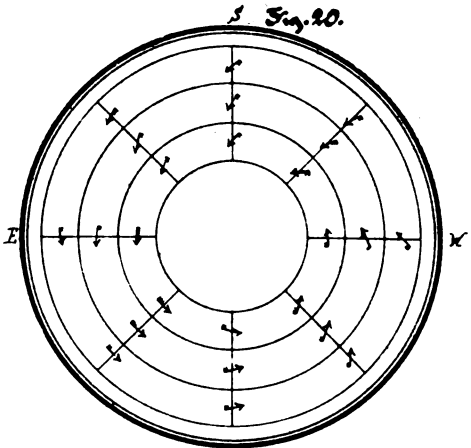
Fig. 19



Winter.

Cyklone.

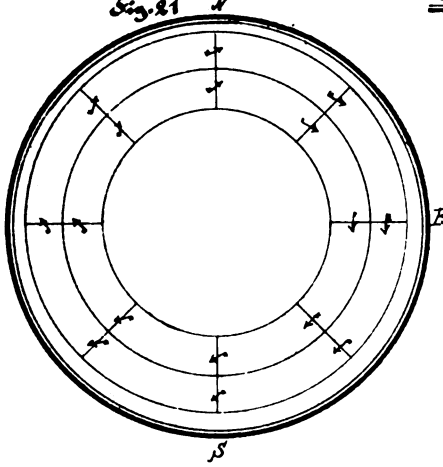
Fig. 20.



Sommer.

Furnes.

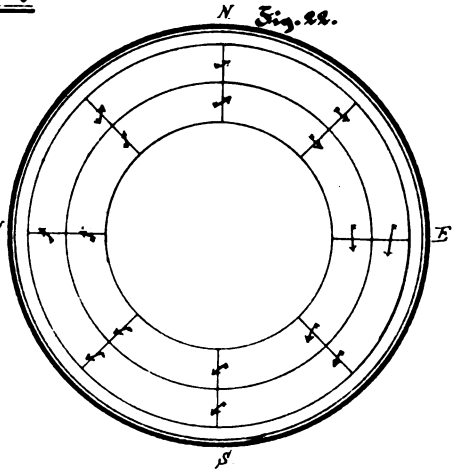
Fig. 21



Winter.

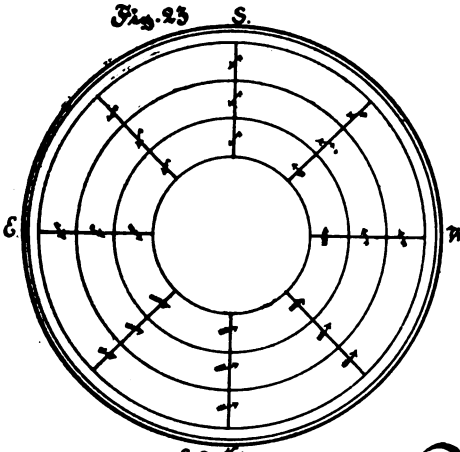
Anticyklone.

Fig. 22.



Sommer.

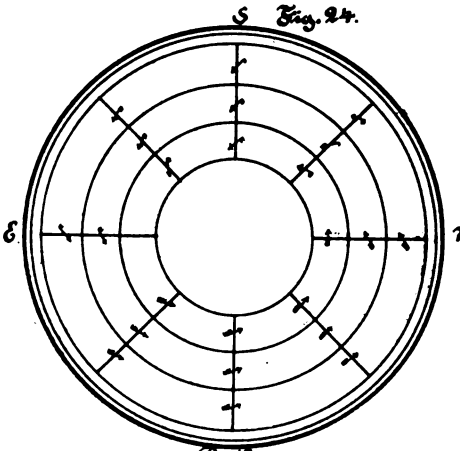
Fig. 23



Winter.

Cyklone.

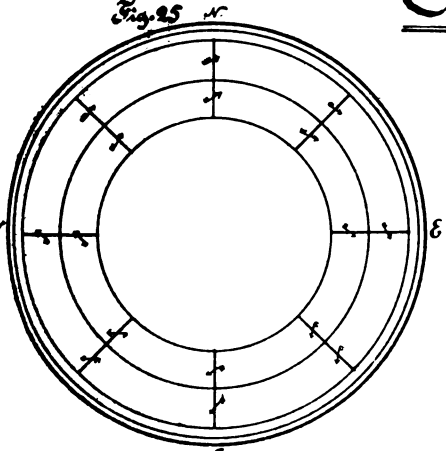
Fig. 24.



Sommer.

Aachen.

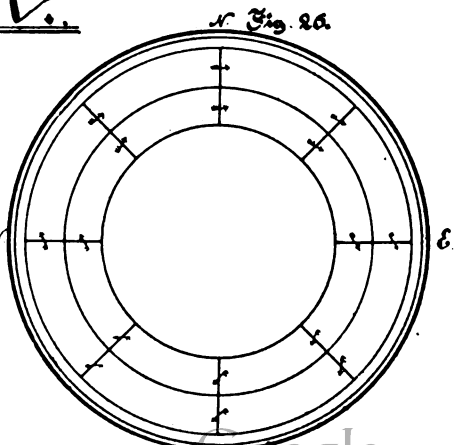
Fig. 25



Winter.

Anticyklone.

Fig. 26.



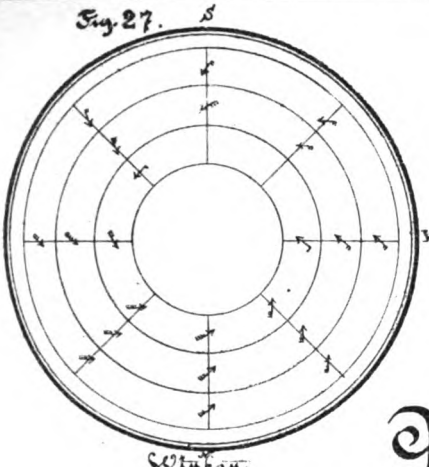
Sommer.

Digitized by Google

Digitized by Google

Ablenkungswinkel u. Windstärke nach Luftdruckstufen geordnet.

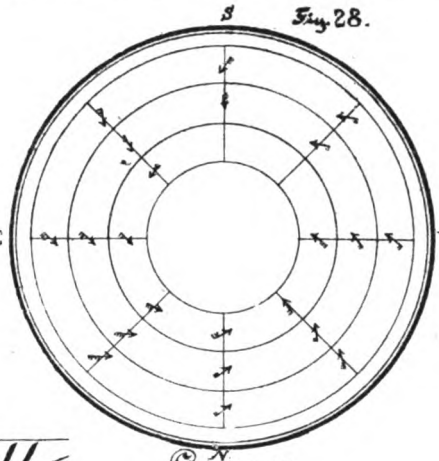
Fig. 27. S



Winter.

Cyklone.

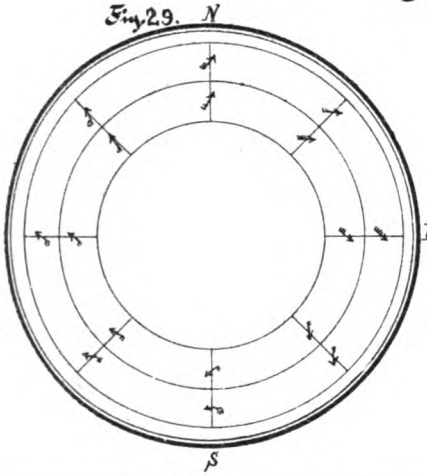
Fig. 28. S



Sommer.

Breslau.

Fig. 29. N



Anticyklone.

Fig. 30. N

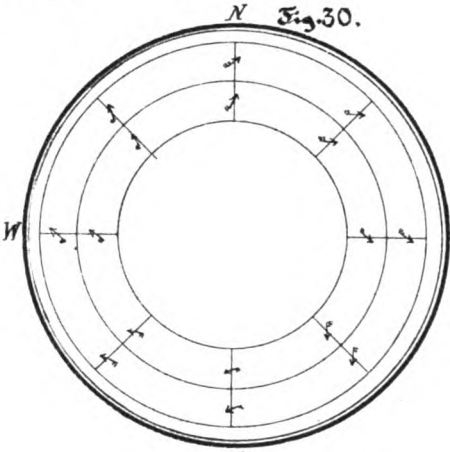
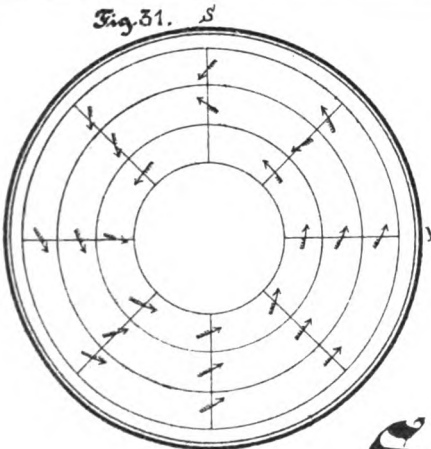


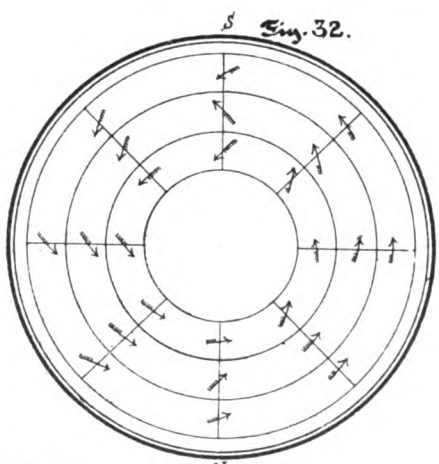
Fig. 31. S



Winter.

Cyklone.

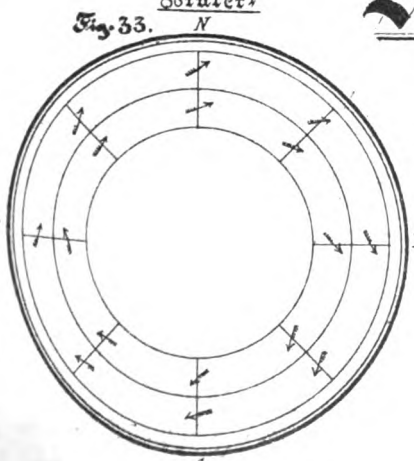
Fig. 32. S



Sommer.

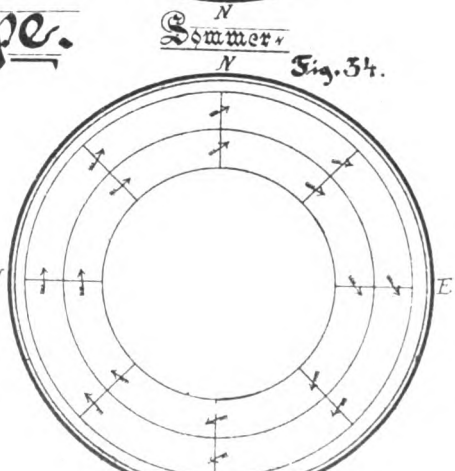
Schneekoppe.

Fig. 33. N



Anticyklone.

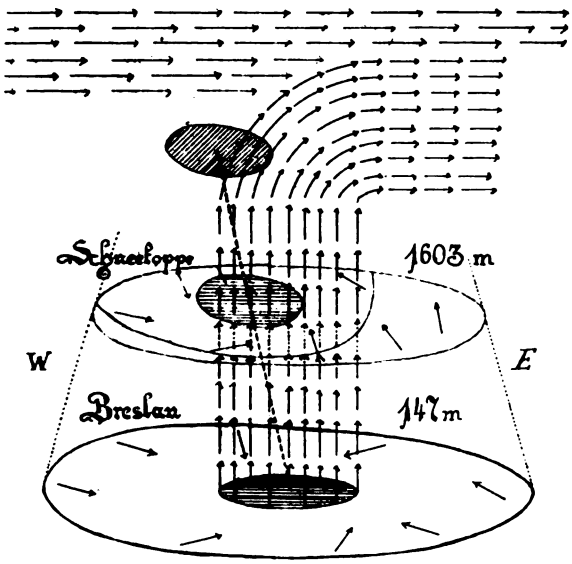
Fig. 34. N

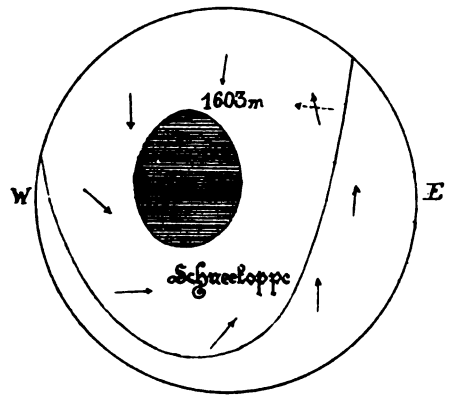


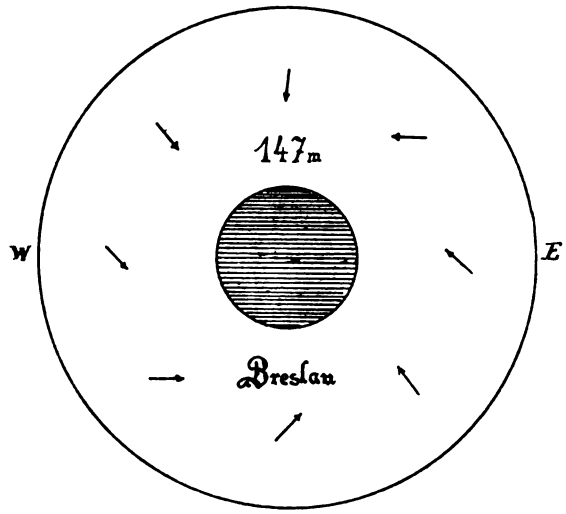
Digitized by Google

Digitized by Google

Fig 35.







Zeichenerklärung.

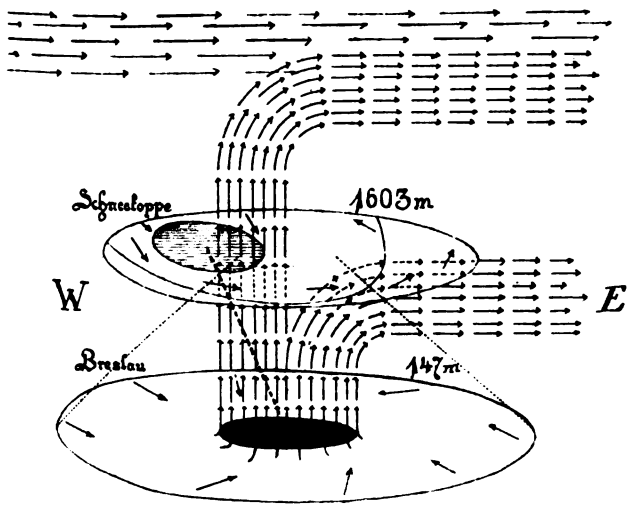
a. Einströmen bei der Schneekoppe im Ost-Quadranten

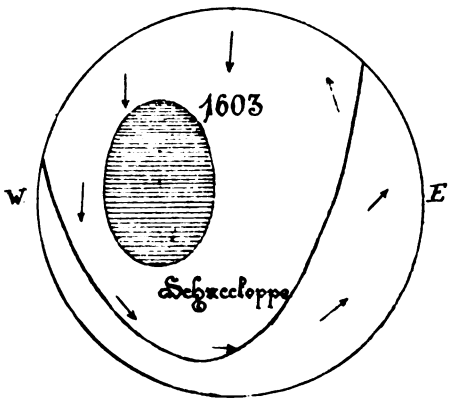
→ untere & aufsteigende Luftströme: Breslau-147m

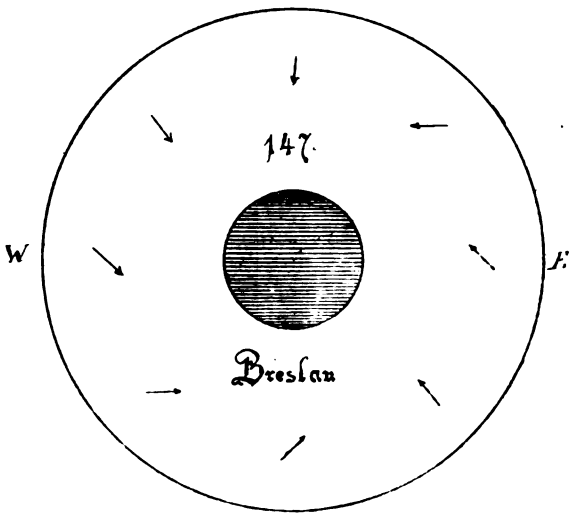
→ obere Luftströme: Schneekoppe-1603 m

------ Axe der Cyklone.

Fig 36.







Zeichenerklärung.

b. Einströmen bei der Schneekoppe im Ost-Quadranten:

→ untere & aufsteigende Luftströme: Breslau-147m

→ obere Luftströme: Schneekoppe-1603m

------ Axe der Cyklone.

Digitized by Google

Lichtdruckanstalt v. P. Honnefeller, Aachen.

Digitized by Google

Fig. 37.

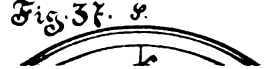
Winter-

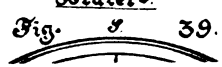
Fig. 39.

Fig. 41.

Digitized by Google

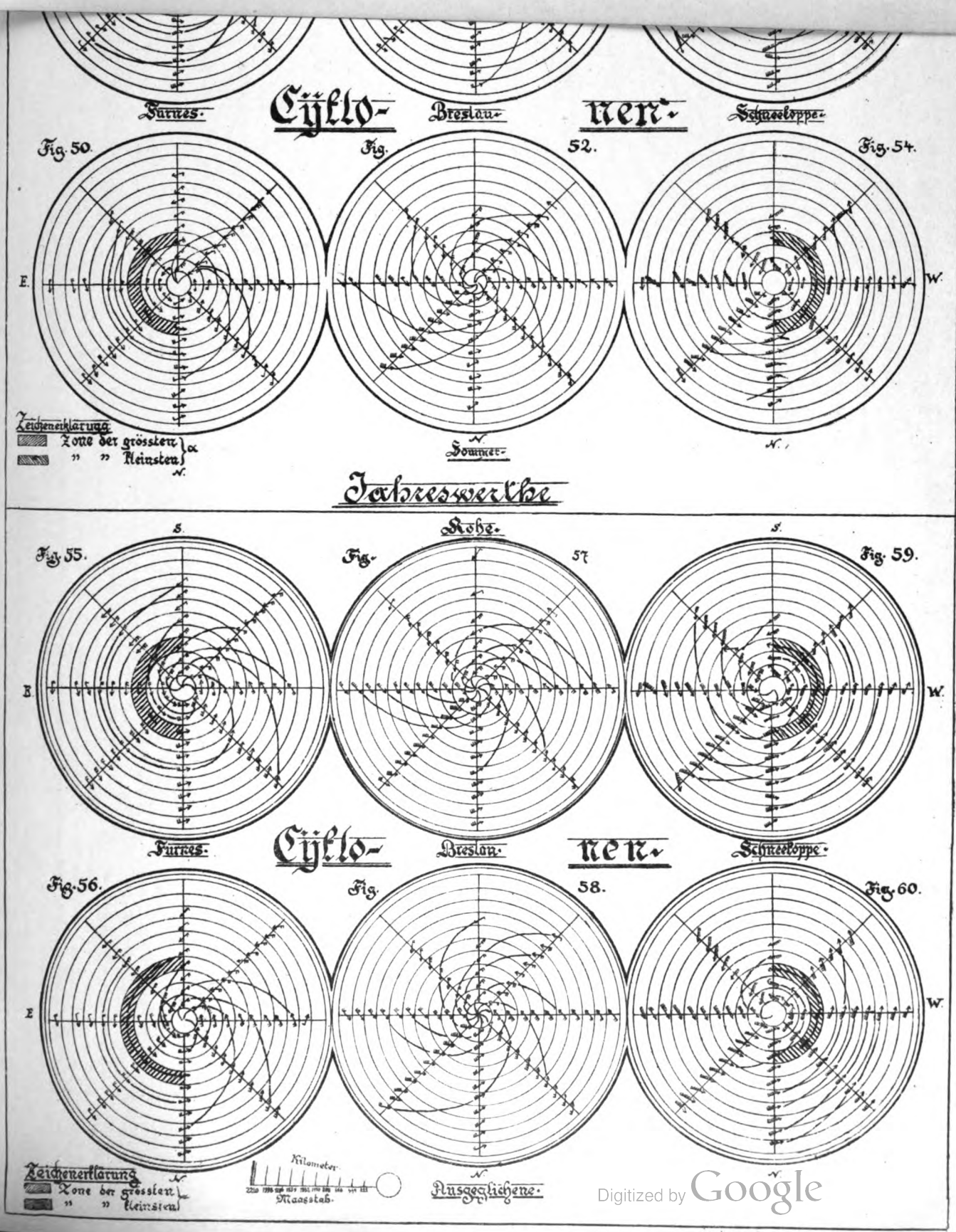
Digitized by Google





Digitized by Google

Digitized by Google



Digitized by Google

Digitized by Google

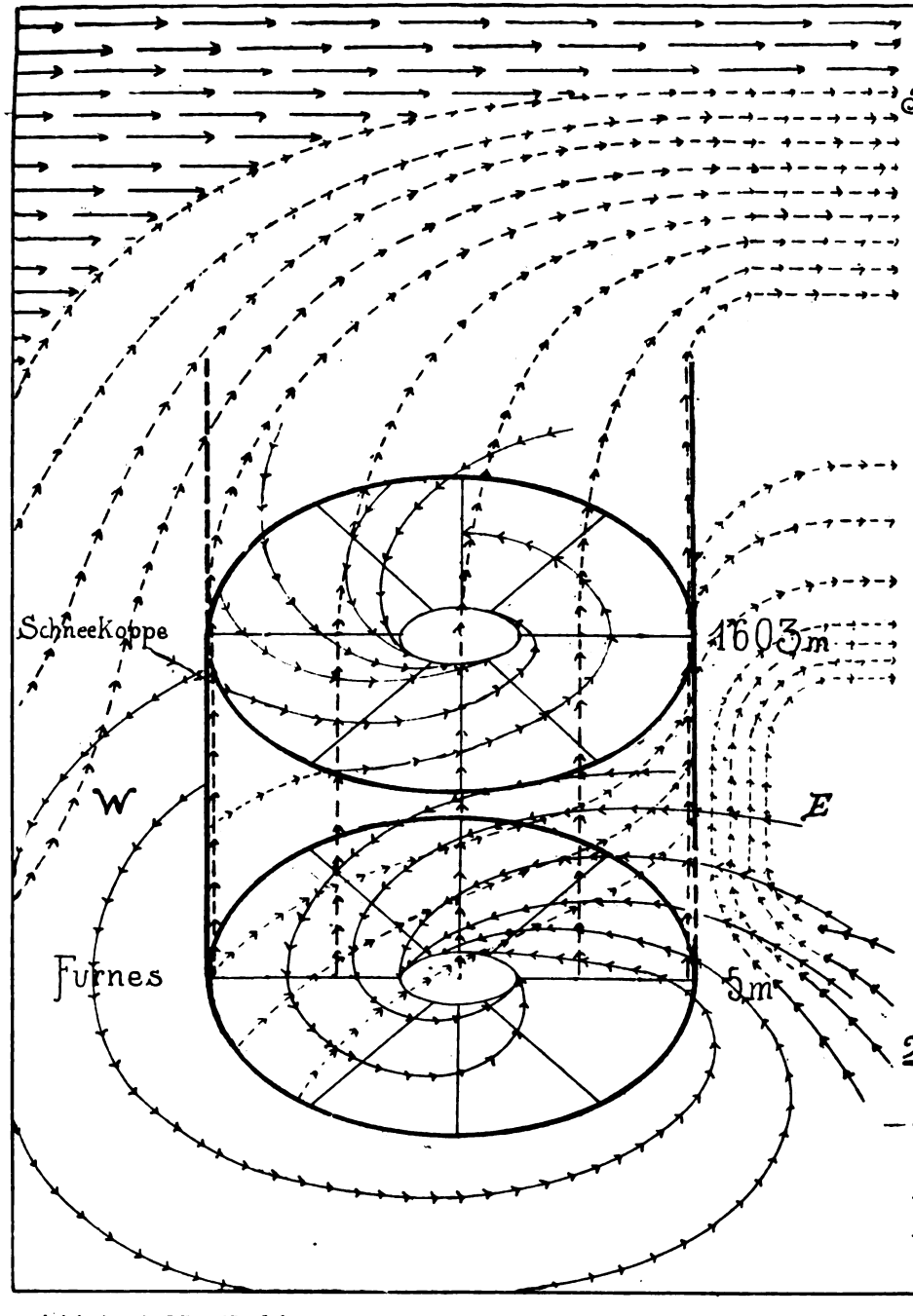
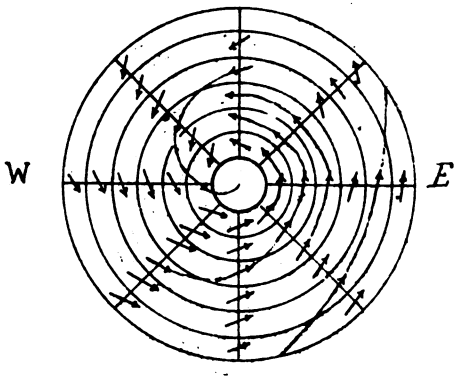
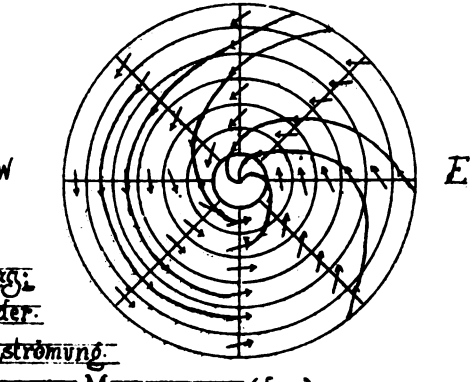


Fig. 61

SchneeKoppe · 1603m



Furnes - 5m



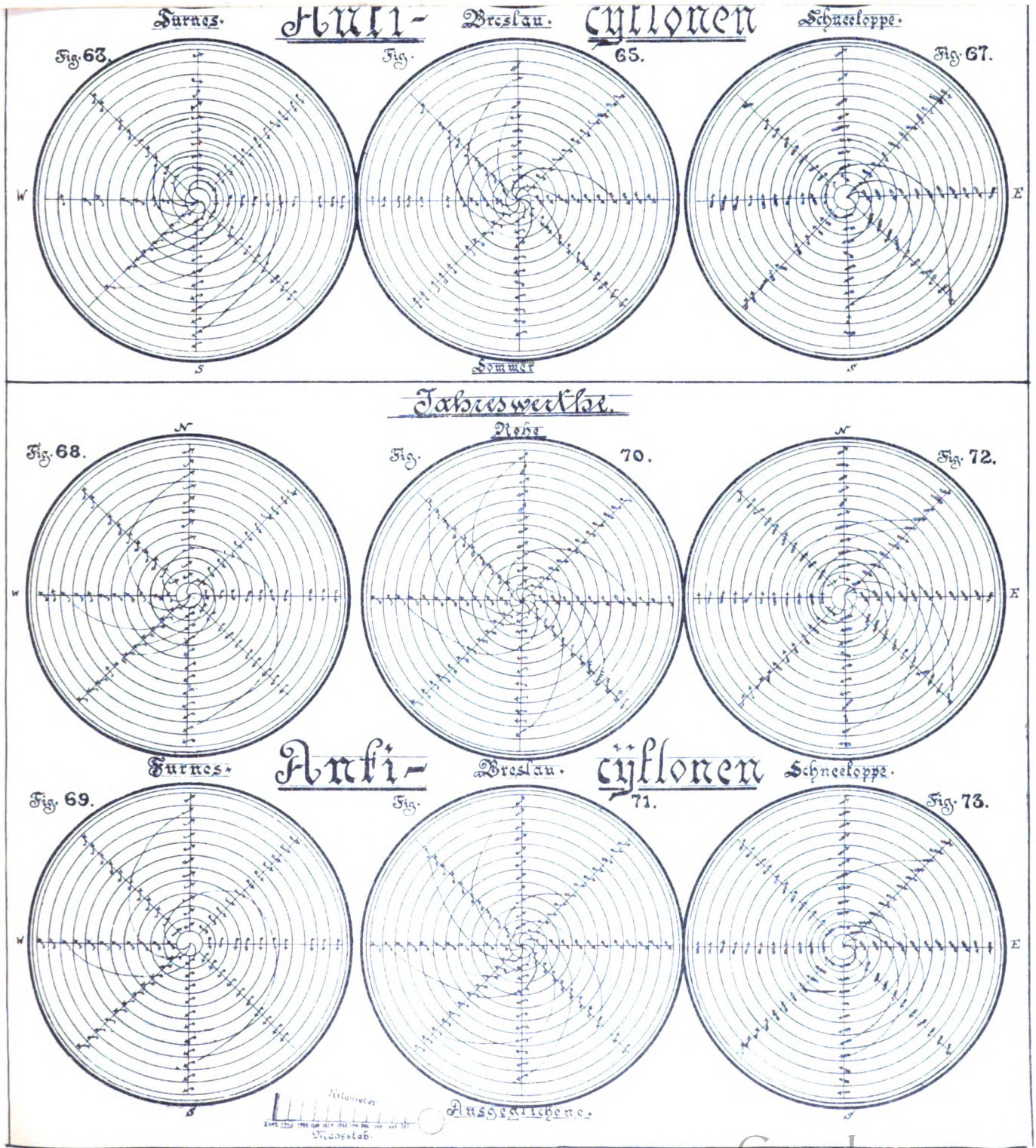
Zeichen-Erklärung:

- Luftcylinder.
- obere Luftströmung.
- Luftströmung im Meeresniveau (5m).
- Luftströmung in der Höhe der SchneeKoppe (1603).
- aufsteigende Luftströmung.

Lichtdruckanstalt v.P. Honnefeller, Aachen.

Digitized by Google

Digitized by Google



Digitized by Google

Digitized by Google

AUS DEM
ARCHIV DER DEUTSCHEN SEEWARTE.
XXII. Jahrgang 1899.
Herausgegeben von der Direktion der Seewarte.

No. 3.

Erdmagnetische Beobachtungen in Deutsch-Ostafrika.

Von

Dr. **Hans Maurer,**
Meteorologen für Deutsch-Ostafrika.

Mit einer Tafel.

HAMBURG, 1899.
Gedruckt bei Hammerich & Lesser in Altona.

Digitized by Google

Inhalt.

Einleitung. Seite

I. Allgemeines über die absoluten Bestimmungen 1

A. Zur Bestimmung der Deklination 1

B. Zur Bestimmung der Horizontal-Intensität 1

C. Zur Bestimmung der Inklination 2

II. Allgemeines über die Variationsbeobachtungen 2

A. Das Deklinations-Instrument 3

B. Das Horizontal-Intensitäts-Instrument 4

C. Das Inklinations-Instrument 6

Resultate.

I. Die Beobachtungen der Deklination 7

A. Variationen der Deklination 7

B. Absolute Bestimmungen der Deklination in Daressalam 14

C. Absolute Bestimmungen der Deklination im übrigen Gebiet 16

II. Die Beobachtungen der Horizontal-Intensität 19

A. Variationen der Horizontal-Intensität 19

B. Absolute Bestimmungen der Horizontal-Intensität in Daressalam 26

C. Absolute Bestimmungen der Horizontal-Intensität im übrigen Gebiet. 27

III. Die Beobachtungen der Inklination 28

A. Variationen der Inklination 28

B. Absolute Bestimmungen der Inklination 38

Schluss 39

Bemerkung. Die angewendeten Maasse entsprechen, wo nichts anderes angegeben ist, dem absoluten Maasssystem (*c g s*), die Temperaturen sind Zentigrade, die Zeiten mittlere Ortszeiten.

Digitized by Google

No. 3.

Erdmagnetische Beobachtungen in Deutsch-Ostafrika.

Von Dr. **Hans Maurer.**

Einleitung.

Seit Anfang 1896 sind in Daressalam Beobachtungen der drei Elemente des Erdmagnetismus, soweit der Beobachter nicht durch Reisen oder andere Arbeiten verhindert war, regelmässig vorgenommen worden. Die absoluten Bestimmungen wurden mit dem von der Direktion der Deutschen Seewarte zur Verfügung gestellten Reisetheodolit Hechelmann No. 686 durchgeführt.

I. Allgemeines über die absoluten Bestimmungen.

A. **Zur Deklinationsbestimmung** diente ein auf einer Spitze aufgehängter umlegbarer Magnet mit Spiegel. Der Nonius des Theilkreises gab halbe Bogenminuten. Waren astronomische Azimutbestimmungen erforderlich, so diente hierzu ein astronomischer Theodolit von Meissner, den Herr Reg.-Rath Stuhlmann in Daressalam dem Beobachter freundlichst überliess. Der Höhenkreis dieses Instrumentes konnte bis auf $^1/_6{}'$, der Horizontalkreis bis auf $^1/_2{}'$ abgelesen werden. Die Uebertragung des Azimutes auf den magnetischen Theodoliten wurde durch die Einstellung der Fernrohre der beiden Instrumente aufeinander (Faden auf Faden) bewerkstelligt. Mit demselben Theodolit wurden für die Daressalamer Beobachtungen die Azimute bestimmter Miren festgelegt. Bis Mai 1896 fanden die Bestimmungen in der Sodenstrasse auf einer Stelle statt, von der aus das Azimut des Blitzableiters der Engelsburg im Mittel aus 2 Messungen am 28. 12. 95 und 9. 6. 96 = S 12°19′06 O gefunden wurde. Durch vergleichende Messungen an dieser und anderen Stellen ergab sich, dass der Ort durch die benachbarten Wellblechdächer stark magnetisch beeinflusst wurde. Da die Eisenmassen sich im Nordosten und Südosten von der Beobachtungsstelle befanden, durfte erwartet werden, dass die westliche Deklination hier zu gross gefunden werden würde. In der That sind die dort ermittelten Deklinationen mit den am besseren Ort bestimmten durch Subtraktion von etwa 9′5 in Einklang zu bringen. Es wurde von Mai 1896 ab in der kleinen Moschee (am Platze des späteren neuen Kulturgebäudes) beobachtet, wo das Azimut der Fahnenstange des Leuchtthurms auf der Insel Makatumbe gleich N 62°15′95 O gefunden wurde. Von Mitte 1897 ab wurden die Beobachtungen in der Nähe des inzwischen am Strand erbauten magnetischen Pavillons ausgeführt, wo aus zahlreichen Messungen im Mittel folgende Azimute sich ergeben hatten:

Bake auf Ras Kankadya:	N 8°27′57 W
Bake auf Hammond Rock	N 47°53′46 O
Fahnenstange des Leuchtthurms auf Makatumbe	N 58°44′58 O.

B. **Zur Bestimmung der Horizontalintensität** dienten Sinusablenkungen des Deklinationsmagneten aus konstanter Entfernung durch zwei Ablenkungsmagnete *I* und *II*, deren Konstanten in Wilhelmshaven im Oktober 1895 bestimmt waren und deren magnetische Momente durch Beobachtungen der Schwingungsdauer der an einem Coconfaden aufgehängten Magnete bestimmt wurden. Für die den magnetischen Momenten proportionalen Grössen μ_I und μ_{II} ergab sich folgender Verlauf:

Digitized by Google

Ort der Beobachtung	Datum	μ_I	μ_{II}
Wilhelmshaven	7. 10. 95	0.15726	0.17578
Ausreise.			
Daressalam (Sodenstrasse)	23. u. 27. 4. 96	0.15310	0.17524
» (Moschee)	27. 5. 96	0.15296	0.17516
» »	10. 6. 96	0.15290	0.17522
» »	8. 7. 96	0.15210	0.17482
» »	2. 8. 96	0.15227	0.17510
» »	28. 8. 96	0.15203	0.17512
» »	22. 9. 96	0.15214	0.17506
» »	20. 10. 96	0.15145	0.17480
» »	20. 11. 96	0.15109	0.17482
» »	17. 12. 98	0.15088	0.17468
» (im magnet. Pavillon)	16. 2. 97	0.14981	0.17419
» (beim magn. Pavillon)	13. 5. 97	0.14838	0.17451
Reise nach Usambara.			
Daressalam (beim magn. Pavillon)	21. 10. 97	0.14583	
Bagamoyo	23. 12. 97		0.17099
Daressalam (beim magn. Pavillon)	31. 12. 97	0.14527	
Reise nach dem Kilima-Ndjaro.			
Kilema (am Kilima-Ndjaro)	23. 2. 98	0.14491	
Wilhelmsthal (Usambara)	24. 3. 98	0.14470	0.17031
Daressalam (beim magn. Pavillon)	5. 5. 98	0.14372	0.17003
» » » »	15. 5. 98	0.14394	0.17016
» » » »	5. 6. 98	0.14396	0.17046
» » » »	29. 8. 98	0.14332	0.16997
» » » »	14. 9. 98	0.14363	0.17057
Bagamoyo	16. 9. 98	0.14380	
Daressalam (beim magn. Pavillon)	27. 10. 98	0.14288	0.16966
Kilwa Kivindje	7. 11. 98	0.14283	0.16962
Daressalam (beim magn. Pavillon)	26. 11. 98	0.14255	0.16950
» » » »	23. 1. 99	0.14298	0.16966
» » » »	12. 3. 99	0.14288	0.16955
Heimreise.			
Hamburg	24. 7. 99	0.13595	0.16634

Bei Bestimmungen der Horizontalintensität aus Ablenkungen allein wurden die zur Berechnung nöthigen Werthe von μ_I und μ_{II} linear interpolirt.

Die Inklination wurde mit Hülfe eines Meyersteinschen Inklinatoriums bestimmt, welches dem Reisetheodolith No. 686 beigegeben war. Leider sind die Axen der beiden Nadeln nicht in guter Verfassung geblieben, sodass die absoluten Inklinations-Bestimmungen, besonders von Mitte 1898 an, weniger brauchbar sind. In der ersten Woche der Kilimandjaro-Reise gingen durch eine Nachlässigkeit des Boys die Magnetisirungs-Magnete in Kiwansi verloren und waren nicht wieder zu erlangen. Da der mangelhafte Zustand der Nadel-Axen ein Ummagnetisiren sehr nothwendig machte, sind deshalb weitere Inklinations-Beobachtungen auf dieser Reise unterblieben.

II. Allgemeines über die Variations-Beobachtungen in Daressalam.

Schon bei der Verwerthung der Deklinations-Bestimmungen, welche von Offizieren des Vermessungsfahrzeuges „Möwe“ 1891—94 an der deutsch-ostafrikanischen Küste vorgenommen worden waren, hatte sich die Unkenntniss des täglichen Ganges dieses Elementes unangenehm fühlbar gemacht und insbesondere die Bestimmung der für die dortigen Gegenden nur sehr roh bekannten jährlichen Aenderung stark erschwert. Deshalb wurden die einzelnen Bestimmungen seit Juni 1894 ohne Korrektion auf Tagesmittel in den „Annalen der Hydrographie etc.“*) veröffentlicht, indem eine Bearbeitung der gefundenen Werthe für später

*) „Annalen der Hydrographie etc.“, Jahrg. XXII, S. 86; XXIII, S. 177; XXIV, S. 211; XXV, S. 304.

Digitized by Google

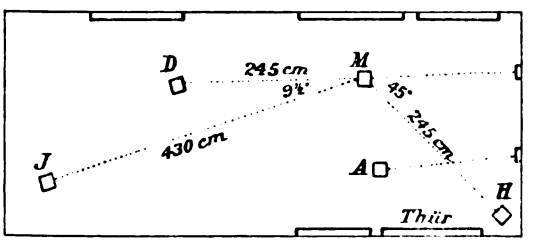
vorbehalten bleiben musste. Es war daher freudig zu begrüssen, als Anfang 1897 durch die Güte der Direktion der Deutschen Seewarte drei Carl'sche Variations-Instrumente herausgesandt wurden, die wohlbehalten ankamen und in einem aus Korallenkalk unter Vermeidung jeglicher Eisentheile erbauten Pavillon Aufstellung fanden. Durch mehrere absolute Bestimmungen, die an drei Stellen des Daressalamer Strandes in kurzer Folge hintereinander ausgeführt wurden, war das Fehlen lokaler Einflüsse an dem für den magnetischen Pavillon gewählten Orte mit hinreichender Wahrscheinlichkeit nachgewiesen worden. Der Pavillon steht am Strand hoch genug über der Hochwasserlinie hinter dem die Daressalamer Hafeneinfahrt stark einengenden nördlichen Korallenriff etwa 150 Meter vom grossen Signalmast vor dem Gouverneurshaus. Der Pavillon ist 7 Meter lang, 3 Meter breit und mit einem Holzgiebeldach bedeckt, das durch einen imprägnirten Stoff wasserdicht gemacht ist. Eine 2 Meter lange Klappe im Dach erlaubt vom astronomischen Pfeiler A aus Meridiandurchgänge zu beobachten, während breite Fenster im Westen und Osten Zeit und Azimutbestimmungen ermöglichen. Durch ein verschliessbares Guckloch in der Nordwand ist die Mire Ras Kankadya, durch die Thür die Bake Hammond Rock und der Leuchtthurm auf Makatumbe zu sehen.

Letzterer bildet die Kontrolmire für unveränderte Aufstellung für die Kombination der Ablesefernrohre auf dem magnetischen Observationspfeiler M, von dem aus die folgenden wahren Azimute gefunden wurden:

Bake auf Ras Kankadya	N 8°23′9 W
Bake auf Hammond Rock	N 48° 5′5 O
Fahnenstange des Leuchtthurms auf Makatumbe	N 58°58′1 O.

Die geographische Lage des Pavillons ist nach der von S. M. Kreuzer „Möwe" 1891 aufgenommenen Karte des Hafens von Daressalam:

φ = 6°48′50″ Süd
λ = 39°18′10″ Ost (von Greenwich)



Grundriss des magnetischen Pavillons
(Maassstab 1 : 100).

A = Astronomischer Observations-Pfeiler.
M = Magnetischer Observations-Pfeiler.
D = Pfeiler für das Deklinations-Instrument.
H = » » » Horizontal-Intensitäts-Instrument.
J = » » » Inklinations-Instrument.

Genaue Abbildungen der benutzten Instrumente findet man in: Lamont, „Der Erdstrom", Leipzig 1862.

Die Instrumente wurden nach einander an ihren Ort gebracht, und dabei wurde konstatirt, dass der gegenseitige Einfluss derselben auf ihre Einstellung so gering war, dass besonders die Variationen dieses Einflusses unmessbar waren.

An den Ablesungen der Variations-Instrumente, die bis dahin von Dr. Maurer allein besorgt worden waren, betheiligte sich vom 6. 11. 98 an der Schreiber Küchler.

Konstantenbestimmung und Geschichte der Apparate.

A. Das Deklinations-Instrument.

Die Entfernung des Spiegels am Magneten von der zugehörigen Ableseskale wurde so abgeglichen, dass ein Millimeter Skalentheil = 0′7 war. Die Winkel waren sonach durch Schätzung der Zehntel Millimeter bis auf 0′07 Minuten abzulesen. Die Nulllinie wurde durch Vergleich mit den in der Nähe des Pavillons aufgeführten Deklinations-Bestimmungen ermittelt. Die Einzelbestimmungen wichen vom Mittel in extremen Fällen bis zu 1′ ab, was daraus zu erklären ist, dass die Ablesung am magnetischen Theodoliten bis auf halbe Minuten genau war, wozu die variable Unsicherheit der Einstellung je nach der Güte der verwendeten Suspensionspitze kam. Im Mittel entsprach für die erste Periode bis März 1898 dem Werthe 8°30′ westliche Deklination der Theilstrich 68.6.

Digitized by Google

Nach der Rückkehr von der Kilimandjaro-Reise wurde der Faden des Deklinations-Instrumentes zerrissen vorgefunden und Anfang Mai erneuert, wobei die Skale verstellt wurde. Es entsprach von da ab dem Werth 8°20′ westl. Deklination die Ablesung 112.0, und nach einer weiteren am 9. 9. 98, $6^h\,50^m$ a. m. vorgenommenen Skalenverstellung dem Werth 8°15′ westl. Deklination die Ablesung 109.1. Die weiter unten in der Tabelle angegebenen Werthe der Deklination zeigen mithin einen in jeder der drei genannten Perioden konstanten wahrscheinlichen Fehler, der unter 0′.7 liegt, während die Unsicherheit der einzelnen Ablesung $^1/_4$′ kaum übersteigen dürfte. Das Torsions-Verhältniss des ersten Fadens betrug $\frac{1}{30000}$, das des zweiten $\frac{1}{4000}$.

Tabelle zur Bestimmung der Nulllinie des Deklinatoriums.

Datum	Tageszeit	Deklination	Ablesung	Nulllinie	
13. 5. 97	$4^h\,02^m$ p. m.	8°33′.37	63.6	68.41	
19. 10. 97	5 32	29.06	70.0	68.66	
27. 10. 97	4 24	29.55	69.5	68.86	
21. 10. 97	4 25	30.03	69.2	69.24	Mittel 68.60 = 8°30′
6. 11. 97	4 36	29.06	70.6	69.26	
24. 11. 97	4 09	26.00	73.7	67.99	
16. 12. 97	5 44	25.15	74.6	67.91	
31. 12. 97	4 57	24.17	76.8	68.47	
15. 5. 98	4 31 p. m.	8°20.03	112.2	112.24	
4. 6. 98	4 34 p. m.	21.26	109.3	111.10	
5. 6. 98	8 14 a. m.	8°21.27	110.9	112.71	Mittel 112.04 = 8°20′
30. 7. 98	4 26 p. m.	8°19.21	112.0	110.87	
28. 8. 98	4 25 p. m.	8°18.25	115.8	113.29	
14. 9. 98	4 08 p. m.	8°15.31	109.1	109.54	
27. 10. 98	4 11	15.90	107.0	108.29	
26. 11. 08	4 13	15.74	109.3	110.36	Mittel 109.09 = 8°15′
21. 12. 98	4 27	13.07	111.8	109.04	
23. 1. 99	$3^h\,56^m$ p. m.	12′.57	111.7	108.23	

B. Das Horizontal-Intensitäts-Instrument.

Das Instrument wurde zunächst am 30. 4. 97 selbst zu einer absoluten Bestimmung der Horizontal-Intensität H benutzt, wobei das magnetische Moment M seines Magnetsystems (drei übereinander gelegte horizontale Lamellen) ermittelt wurde. Die Schwingungsdauer des unbelasteten Systems betrug um $10^h\,50^m$ a.m. = 2^s.070. Dann wurde es mit einem kleinen Messingrahmen belastet, dessen Trägheitsmoment aus seinen Dimensionen und dem Gewicht zu 25.969 $g\,cm^2$ berechnet wurde. Mit dieser Belastung ergab sich eine Schwingungsdauer von 3^s.207, sodass das Trägheitsmoment des Magnetsystems = 18.546 $g\,cm^2$ und MH = 42.72 $g\,cm^2\,sec^{-2}$ war. Das Torsions-Verhältniss wurde so klein gefunden, dass es unberücksichtigt blieb. Aus Ablenkungen, welche mit dem Intensitätsmagneten an der Nadel des Deklinations-Instrumentes aus den Abständen 456 mm und 603 mm hervorgebracht wurden und 35.87′ resp. 15.68′ betrugen, giebt die Rechnung für den Quotienten $\frac{M}{H}$ den Werth 507.31 zur Zeit $9^h\,30^m$ a. m., woraus H = 0.29017 *c. g. s.* Einheiten und M = 147.2 *c. g. s.* Einheiten folgt.

Die Ablenkungsmagnete des Intensitäts-Instrumentes wurden an einer Schiene so befestigt, dass die Magnetnadel im Minimum der Ablenkung etwa 45° vom magnetischen Meridian abwich. Zur Berechnung der Variationen diente die Formel

$$\frac{dH}{H_o} = -\frac{(n'-n)\,.\,\varepsilon}{tg\,\varphi}$$

nach Vernachlässigung des zweiten Gliedes (s. Lamont, „Handbuch des Erdmagnetismus“ § 165), dessen Einfluss zu klein war. Hier bedeutet dH die Variation, H_o den Ausgangswerth der Horizontal-Intensität, φ den Ablenkungswinkel des Intensitätsmagneten aus dem magnetischen Meridian in der dem Werthe H_o entsprechenden Mittellage und $(n'-n)\,.\,\varepsilon$ die Aenderung von φ, d. h. den Ueberschuss der Ablenkung des Intensitätsmagneten aus seiner Mittellage über die Ablenkung des Deklinationsmagneten aus dessen Mittellage in absolutem Maasse gemessen.

Digitized by Google

Für H_0 wurde 0.29000 in Rechnung gesetzt. φ wurde durch Ablenkungen der Deklinations- und der Intensitätsnadel durch denselben kräftigen Magneten aus der zweiten Hauptlage am 4. 5. 97 = 45°44′ und am 5. 3. 99 = 44°17′ gefunden. Für die Zwischenzeit konnte φ aus diesen Werthen und den jeweiligen mittleren Skalenablesungen am Intensitäts- und am Deklinations-Instrument unter Berücksichtigung der etwa vorgenommenen Skalenverschiebungen bestimmt werden. Auch beim Intensitäts-Instrument war der Werth eines Millimeters Skalentheil = 0.7′ Bogenminuten, sodass, wenn $(n'-n)$ in Millimetern angegeben wird, $\varepsilon = \frac{0.7}{3437.7}$ zu setzen ist. Bezeichnet man die Ablesung am Horizontal-Intensitäts-Apparat mit h, die am Deklinations-Apparat mit d, so ist $n'-n = h-d+c$, wo c die Differenz der Nulllinien beider Instrumente bedeutet. Bei unveränderter Aufstellung der Instrumente wäre c eine Konstante, wenn die Kraft der Ablenkungs-Magnete unveränderlich bliebe. Dies ist nun nicht der Fall, und aus diesem Grunde sind c und φ in allmählicher Aenderung begriffen. Bezeichnet man $\frac{\varepsilon H_0}{tg\,\varphi}$ mit α, so wird $H = H_0-\alpha\,(h-d+c)$ die Gleichung, nach der H aus h und d zu berechnen ist, und aus welcher umgekehrt c sich finden lässt, wenn H direkt absolut bestimmt wurde und zugleich h und d abgelesen wurden. Allerdings ist in dieser Gleichung auch α wegen der Veränderung von φ variabel, aber doch nur in so geringem Grade, dass es ausreicht, c mit einem angenäherten Werthe von φ zu berechnen und, wenn nöthig, diese Rechnung dann mit dem Werthe $(\varphi \pm 0.7'\,dc)$ zu wiederholen, wo dc die Aenderung von c gegen seinen früheren Werth (dem der Werth φ entsprach) bedeutet. Die Unsicherheit mit der H durch eine absolute Bestimmung gefunden wird, beträgt etwa $20 . 10^{-5}$; da α etwa $= 6 . 10^{-5}$ ist, so wird c bei der einzelnen Bestimmung um etwa 3 Einheiten unsicher. In der letzten Spalte der folgenden Tabelle ist c in den einzelnen Perioden unter Berücksichtigung dieser Unsicherheit in einen linearen Gang gebracht.

Tab. I.

Datum	φ	$\alpha . 10^5$	c direkt	c linear korrigirt	Bemerkungen
4. 5. 97	45° 44′	5.76			
13. 5. 97	45 36	5.78	+15.3	+15.3	c wächst gleichförmig um 38.9 in 232 Tagen. Am 29. 11. 27 wird die H-Skale um 17.9 mm nach grossen Zahlen verschoben.
21. 10. 97	45 16	5.85	+40.6	+42.2	
6. 11. 97	45 12	5.86	+46.9	+44.9	
24. 11. 97	45 9	5.87	+50.5	+48.1	
29. 11. 97				+30.9	
31. 12. 97	45° 8′	5.88	+34.2	+36.3	
Neuaufstellung im Mai 1898.					
4. 6. 98	45° 19′	5.84	−25.2	−26.8	c ist konstant; am 28. 6. 98 wird die H-Skale um 10.6 mm nach kleinen Zahlen verschoben.
5. 6. 98	45 19	5.84	−26.8	−26.8	
28. 6. 98	45 19	5.84	−16.2	−16.2	
30. 7. 98	45° 15′	5.85	−10.0	−10.0	c wächst um 6.2 in 30 Tagen.
Neuaufstellung am 10. September 1898.					
14. 9. 98	44° 44′	5.96	+22.8	+22.8	c wächst um 19.2 in 43 Tagen.
27. 10. 98	44 29	6.01	+44.9	+42.0	
26. 11. 98	44 26	6.02	+41.2	+42.0	c ist konstant bis zum 5. 1. 99.
21. 12. 98	44 26	6.02	+40.7	+42.0	
23. 1. 98	44 25	6.03	+43.1	+45.1	c wächst um 11.5 in 66 Tagen.
5. 3. 98	44 17				
12. 3. 99	44° 17′	6.05	+54.1	+53.5	

Aus der Tabelle ist ersichtlich, dass sich die Zahlen c in der Periode von der ersten Aufstellung bis zur Kilimandjaro-Reise, nach welcher die Coconfäden beider Instrumente zerrissen vorgefunden wurden, gut einem linearen Gange mit einer täglichen Zunahme von etwa 0.17 anschliessen. Nach der Neuaufstellung wurde am 4. 6. 98 der Temperatur-Koeffizient der Ablenkungsmagnete bestimmt, indem diese mit Zinkkästen umgeben wurden, die mit Petroleum von verschiedenen Temperaturen in unmittelbarer Folge gefüllt wurden. Es ergab sich, dass zwischen 25° und 40° Cels. auf 1° Temperaturerhöhung die Skalenablesung um 0.4 mm abnahm. Die Magnete blieben seitdem ständig in ihren Petroleumbädern, deren Temperatur bei jeder Ablesung aufgezeichnet wurde. Eine Folge der vorgenommenen Prozedur mag es gewesen sein, dass c in der folgenden

Digitized by Google

Zeit zunächst keine nennenswerthe Aenderung zeigte. Im August tritt wieder ein Wachsthum von c ein, das etwa 0.20 pro Tag betrug. Die starken erdmagnetischen Störungen am 9. 9. 98, welche den Intensitäts-Magneten aus der Skala hinaustrieben, veranlassten den Beobachter, das Instrument am 10. 9. auseinander zu nehmen und nachzusehen, wobei sich alles in guter Ordnung fand. Die folgenden Bestimmungen von c am 14. 9. 98, 21. 12. 98, 23. 1. 99 und 12. 3. 99 schliessen sich zwar sehr gut einer linearen Aenderung von c um täglich 0.18 an; dagegen fallen beide Beobachtungen am 27. 10. 98 und 26. 11. 98 weit aus einem solchen Verlauf heraus. An beiden Beobachtungen ist nichts auszusetzen, sodass sie mit berücksichtigt werden müssen. Es ist deshalb in dem ausgeglichenen Gang von c das starke Wachsthum vom 14. 9. 98 auf den 27. 10. 98 beibehalten und dann eine Periode unmerklicher Aenderung bis zum Uebergang in die regelmässige Zunahme um täglich etwa 0.18 angenommen. Zur Erklärung dieses abnormen Verlaufes kann vielleicht der Umstand beitragen, dass Oktober und November durch sehr kleine Mittelwerthe der Horizontal-Intensität ausgezeichnet sind. Das Nordende des Intensitäts-Magneten ist nach Osten abgelenkt; mithin stehen die zu ihm senkrechten Ablenkungs-Magnete so, dass ihr magnetisches Moment durch die Induktion seitens der Horizontal-Komponente des Erdmagnetismus verstärkt wird. Einer Schwächung dieser letzteren entspricht also auch eine Schwächung der Ablenkungs-Magnete, was ein stärkeres Wachsen von c zur Folge hat.

C. Das Inklinations-Instrument.

In diesem Instrument lenken zwei Systeme von weichen Eisenstäben, die vertikal links und rechts von einem dreilamelligen Magnetsystem (ebenso gebaut wie das der beiden anderen Instrumente) aufgehängt sind. dieses unter dem Einfluss der Induktion seitens der Vertikal-Komponente des Erdmagnetismus aus dem magnetischen Meridian ab. Die Schwankungen der Inklination lassen sich dann nach der Formel (siehe Lamont, „Handbuch des Erdmagnetismus", § 170):

$$\delta i = (n'' \varepsilon_{,,} - n \varepsilon) \frac{\cos\varphi \cos^2 i}{a} + \frac{d H}{H_0} \left(\frac{\sin\varphi \cos^2 i}{a} - \frac{1}{2} \sin 2 i \right)$$

verfolgen. Hier bedeuten i und H_0 die Mittelwerthe der Inklination und der Horizontal-Intensität, $d H$ die Aenderung der letzteren, φ den mittleren Ablenkungswinkel des Inklinationsmagneten aus dem magnetischen Meridian und $(n'' \varepsilon_{,,} - n \varepsilon)$ die Aenderung von φ; a ist der Induktions-Koeffizient der Kombination der weichen Eisenstäbe. a lässt sich aus den Dimensionen der Aufstellung berechnen (s. Lamont, „Handbuch des Erdmagnetismus", § 171), wenn man noch die Ablenkungen des Inklinationsmagneten kennt, die ein senkrecht über seiner Mitte angebrachter, um eine zu ihm parallele Axe drehbarer Hülfsmagnet in seinen beiden vertikalen und horizontalen Lagen hervorbringt. Solche Bestimmungen ergaben:

am 4. 5. 97 . . . $a = 0.1636$
am 5. 3. 99 . . . $a = 0.1598$.

Als Mittelwerthe von i wurden für den Anfang 36.8°, für das Ende 36.9° angenommen. H_0 wurde $= 0.29000$ gesetzt. Die Versuche, den Winkel φ zwischen den magnetischen Axen der Deklinations- und Inklinations-Nadel durch Ablenkungen dieser Nadeln in der zweiten Hauptlage durch denselben Magneten zu bestimmen, müssen als gescheitert angesehen werden. Man findet dabei φ aus dem *cos*, bei dem, falls es sich um kleine Winkel handelt, kleinen Aenderungen des *cos*-Werthes schon grosse Aenderungen des Winkels entsprechen, sodass die Ablenkungen und die Entfernungen sehr genau bestimmt werden müssen. Die verschiedenen Beobachtungen ergaben denn auch stark schwankende Werthe von φ, und der Mittelwerth (ca. 21°) aus allen war ohne Zweifel viel zu hoch, da der mit einem Transporteur und gespannten Fäden direkt gemessene Winkel zwischen den geometrischen Axen beider Magnete nur $9^3/_4$ Grad war. Eine solche Differenz zwischen der Lage der magnetischen und geometrischen Axe im Inklinationsmagneten schien nicht glaublich, besonders da bei den ganz gleich gebauten Magnetsystemen der beiden anderen Instrumente die direkte Winkelmessung nach den geometrischen Axen und die Winkelbestimmung durch Ablenkungen denselben Werth ergeben hatten. Auch folgten aus einer probeweisen Einführung des hohen Werthes von φ in die Formel solche Unregelmässigkeiten für den Gang der Inklination, wie sie sicher nicht der Wahrheit entsprechen. Es musste daher angenommen werden, dass bei den Ablenkungsbeobachtungen, abgesehen von der zu geringen Genauigkeit der Messungen, irgend ein unerklärter systematischer Fehler vorlag, und der praktisch gemessene Winkel $\varphi = 9^3/_4°$ in Rechnung gesetzt werden. Es können bei dieser rohen Bestimmung von φ die Konstanten der Formel natürlich nicht genau sein, und man wird von den Inklinations-Angaben viel mehr als ein rohes

Digitized by Google

Bild des täglichen Ganges nicht erwarten dürfen. Besonders wird den sich ergebenden absoluten Werthen nur geringe Bedeutung zukommen. Um spätere Verbesserungen nach einer eventuellen genaueren Untersuchung der noch in Daressalam stehenden Apparate möglich zu lassen, ist in den Tabellen der von der Aenderung der Horizontal-Intensität herstammende Theil der Inklinations-Schwankung besonders angegeben. Mit dem Werthe $\varphi = 9^3/_4°$ ergaben sich die Formeln:

$$\text{Für Mai 1897} \ldots \quad \delta i \text{ (in Minuten)} = 3.863\,(-d\delta - 0.4n'') + 10^4\, dH.\,0.2183$$
$$\text{Für März 1899} \ldots \quad \delta i \text{ (in Minuten)} = 3.944\,(-d\delta - 0.4n'') + 10^4\, dH.\,0.2161.$$

Gerechnet wurde für die ganze Zeit nach der Formel:

$$\delta i' = 3.9\,(-d\delta - 0.4n'') + 10^4\, dH.\,0.217,$$

wo $d\delta$ den Ueberschuss der westlichen Deklination über 8° 20′ in Bogenminuten und n'' den Ueberschuss der Ablesung an der Inklinationsnadel über den Theilstrich 72.5 in Millimetern bedeutet.

Resultate.

I. Die Deklinations-Beobachtungen.

A. Variationen der westlichen Deklination.

Zu den folgenden Tabellen ist zu bemerken:

Die Mittelwerthe der Deklination für diejenigen Stunden, für welche keine Beobachtungen vorliegen, sind linear zwischen den sie einschliessenden Stunden mit beobachteten Werthen interpolirt. Nur im Oktober 1898, wo nach dem Verlaufe im September und November angenommen werden musste, dass das Maximum in die Stunden von $8''$ bis 10^a fallen werde, wurde der Werth um 9^a so bestimmt, dass zu dieser Zeit die Korrektion auf das Tagesmittel in der Mitte zwischen den entsprechenden Werthen im September und November lag; im übrigen wurde dann auch hier das Fehlende linear interpolirt. Die angegebenen Mittelwerthe der Deklination für die einzelnen Monate sind aus den Stundenmitteln erhalten, wobei auch die fehlenden Stundenmittel für die Nachtstunden linear zwischen der letzten Abendbeobachtung und der ersten Morgenbeobachtung interpolirt sind. Bei dem Fehlen aller weiteren Anhaltspunkte war dieses Verfahren geboten. Immerhin ergiebt sich auch aus den Tabellen des nächsten, mit Registrirapparaten ausgestatteten erdmagnetischen Observatoriums in Batavia, das etwa unter derselben geogr. Breite wie Daressalam liegt, dass die so gebildeten Mittel im Jahr 1896 von den richtigen, unter Mitbenutzung aller 24 Stunden gebildeten, im extremsten Falle nur um 0.30′ abweichen. In den zwei Monaten von Mitte Oktober bis Mitte Dezember 1897, aus denen nur sehr wenig Beobachtungen vorliegen, wurde das Mittel zwischen die am besten beobachteten Werthe um 7^a und 2^p resp. 7^a und 5^p proportional zu dem Gang im November 1898 eingelagert. Die gefundenen Korrektionen auf Tagesmittel sind an den beobachteten westlichen Deklinationen mit dem angegebenen Vorzeichen anzubringen. In der Zusammenstellung der Korrektionen sind die im April, aus dem keine Beobachtungen vorliegen, angegebenen Korrektionen die Mittel aus den entsprechenden Werthen im März und Mai.

Tab. II. **Deklination Mai 1897 = 8°30′+**

Datum	7^a	8^a	9^a	10^a	11^a	M.	1^p	2^p	3^p	4^p	5^p	6^p	9^p
4.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3.15	—	—
5.	—	—	—	5.18	4.83	3.57	3.29	2.59	2.17	2.73	3.50	—	4.20
6.	—	—	**7.89**	7.28	4.97	4.41	—	—	—	—	3.92	—	—
7.	4.27	4.83	5.46	4.48	3.57	2.17	**1.05**	1.68	2.38	3.01	3.08	3.92	3.92
8.	3.85	5.46	5.88	5.88	5.74	—	2.24	1.33	—	—	3.64	—	—
9.	3.85	—	5.46	4.55	3.99	—	2.38	1.89	—	—	3.99	—	4.48
10.	2.17	2.94		4.27	—	—	—	2.03	1.89	—	—	4.20	4.76
11.	2.73	—	5.11	4.06	—	3.15	—	2.66	—	3.15	3.29	—	—
12.	2.38	3.78	—	—	—	—	—	1.67	—	—	—	—	—
13.	3.78	—	—	—	—	—	—	—	—	3.71	4.06	—	—
17.	—	2.56	—	—	—	—	—	—	—	—	3.85	—	—
18.	—	—	—	3.77	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Mittel . .	3.29	3.73	5.96	4.93	4.62	3.33	2.24	1.98	2.15	3.15	3.61	4.06	4.34
Korrektion auf Tagesm.	+0.46	+0.02	−2.21	−1.18	−0.87	+0.42	+1.51	+1.77	+1.60	+0.60	+0.14	−0.31	−0.59

Mittel 8° 33′.75.

Digitized by Google

Deklination Mitte Okt. bis Mitte Nov. 1897 = 8°+

Datum	7^a	2^p
16. 10.	—	28.18
17. 10.	—	26.29
18. 10.	29.58	25.38
19. 10.	28.87	26.43
20. 10.	—	—
21. 10.	—	28.53
22. 10.	30.70	26.22
24. 10.	31.40	27.83
25. 10.	30.70	25.80
26. 10.	31.19	28.46
27. 10.	—	27.27
28. 10.	—	25.24
29. 10.	31.61	24.89
30. 10.	30.35	27.20
1. 11.	31.61	28.39
2. 11.	29.79	—
3. 11.	31.40	24.89
4. 11.	25.87	—
5. 11.	31.33	25.94
6. 11.	30.07	—
7. 11.	32.52	25.80
8. 11.	32.52	—
9. 11.	33.08	26.27
10. 11.	31.33	—
11. 11.	31.33	25.73
12. 11.	31.05	—
13. 11.	31.40	—
14. 11.	31.26	22.51
15. 11.	32.80	25.24
Mittel . .	30.95	26.31
Korrektion auf Tagesm.	−2.45	+2.19

Mittel 8°28′50.

Ausserdem wurde beobachtet:

um 8^a am $^{16}/_{10}$ 30.42; $^{17}/_{10}$ 30.35; $^{28}/_{10}$ 31.54;
» 9^a » $^{14}/_{10}$ 29.79. [$^{9}/_{11}$ 30.21.
» 4^p » $^{21}/_{10}$ 29.58; $^{27}/_{10}$ 29.30; $^{6}/_{11}$ 28.39.
» 5^p » $^{20}/_{10}$ 29.30; $^{21}/_{10}$ 29.79; $^{27}/_{10}$ 29.61;
» 6^p » $^{19}/_{10}$ 29.02. [$^{6}/_{11}$ 28.81.

Deklination Mitte Nov. bis Mitte Dez. 1897 = 8°25′+

Datum	7^a	5^p	6^p
16. 11.	5.70	—	—
17. 11.	6.05	—	—
18. 11.	—	—	3.39
19. 11.	5.14	—	—
20. 11.	5.70	3.11	—
21. 11.	5.42	—	—
23. 11.	6.05	—	—
24. 11.	5.84	2.34	—
26. 11.	5.77	—	2.83
27. 11.	—	3.04	—
29. 11.	4.65	—	—
1. 12.	4.86	2.23	—
3. 12.	4.30	—	—
4. 12.	—	2.69	—
7. 12.	5.70	—	—
9. 12.	—	—	—
10. 12.	—	2.62	2.41
11. 12.	6.82	1.57	—
14. 12.	4.30	—	—
16. 12.	—	—	0.80
18. 12.	—	—	0.01
Mittel . .	5.45	2.51	1.89
Korrektion auf Tagesm.	−2.67	+0.27	+0.89

Mittel 8°27′78.

Ausserdem wurde beobachtet:

um 8^a am $^{27}/_{11}$ 6.47; $^{29}/_{11}$ 3.46; $^{1}/_{12}$ 5.35.
» 9^a » $^{21}/_{11}$ 2.13; $^{9}/_{12}$ 4.86; $^{11}/_{12}$ 1.85; $^{19}/_{12}$ 2.20.
» 10^a » $^{11}/_{12}$ 0.94.
» 2^p » $^{26}/_{11}$ −0.25; $^{7}/_{12}$ +0.31.
» 4^p » $^{24}/_{11}$ 1.43.

Deklination Ende Mai und Juni 1898 = 8°+

Datum	7^a	10^a	11^a	2^p	5^p	9^p
27. 5.	18.88	—	—	—	—	—
28. 5.	18.53	—	—	—	—	—
31. 5.	—	—	—	19.51	—	—
1. 6.	19.37	—	—	21.54	—	—
4. 6.	18.81	—	—	21.40	22.17	—
5. 6.	—	23.50	23.92	22.73	—	—
6. 6.	18.46	—	—	22.73	21.89	—
7. 6.	16.85	21.75	—	22.80	—	—
8. 6.	17.76	—	—	22.45	21.75	22.10
9. 6.	19.58	—	23.01	22.03	22.17	21.26
10. 6.	19.93	—	23.66	21.33	23.66	21.47
11. 6.	20.00	—	—	22.17	22.73	22.03
12. 6.	19.86	22.45	—	20.29	22.03	22.17
13. 6.	19.79	23.71	—	20.21	21.54	22.17
14. 6.	19.16	23.01	—	20.91	22.10	22.24
15. 6.	20.35	—	23.71	20.91	22.10	22.73
16. 6.	19.30	—	23.43	19.93	21.82	21.68
17. 6.	20.00	—	—	21.26	21.47	21.61
18. 6.	18.81	22.03	—	—	21.89	21.68
19. 6.	18.11	23.36	23.43	19.93	20.91	—
20. 6.	—	—	—	19.86	20.91	20.77
21. 6.	18.67	—	21.47	19.93	—	—
22. 6.	18.74	—	23.50	20.00	21.68	21.40
23. 6.	18.74	24.17	—	21.75	21.40	20.91
24. 6.	17.27	21.12	—	20.56	22.24	20.98
25. 6.	17.36	21.40	—	20.07	21.26	20.56
26. 6.	16.92	22.31	—	20.07	20.98	21.33
27. 6.	17.13	19.86	—	20.28	20.49	19.65
28. 6.	17.41	21.68	—	19.37	19.65	19.86
29. 6.	17.20	—	—	18.81	19.44	—
30. 6.	16.08	—	19.51	18.60	19.37	—
Mittel . .	18.54	22.33	22.96	22.80	21.45	21.40
Korrektion auf Tagesm.	+2.36	−1.43	−2.06	+0.10	−0.55	−0.50

Mittel 8°20′90.

Ausserdem wurde beobachtet:

$^{27}/_{5}$ 8^a 19.44 $^{4}/_{6}$ 4^p 20.91 $^{11}/_{6}$ 1^p 22.10 $^{19}/_{6}$ 6^a 18.46
$^{28}/_{5}$ 8^a 19.86 6^p 22.17 $^{17}/_{6}$ 0^p 22.94 8^a 19.86
3^p 20.84 $^{5}/_{6}$ 8^a 20.28 $^{18}/_{6}$ 3^p 21.33 9^a 21.40
$^{31}/_{5}$ 8^a 19.93 9^a 22.48 6^p 22.09 0^p 20.98
9^a 20.42 0^p 24.13 8^p 22.10 1^p 20.14
$^{1}/_{6}$ 3^p 19.58 $^{6}/_{6}$ 8^a 18.95 10^p 21.54 3^p 19.86
$^{4}/_{6}$ 9^a 23.15 $^{8}/_{6}$ 9^a 20.56 11^p 21.40 4^p 20.28
0^p 23.29 12^p 22.17 12^p 21.05 $^{20}/_{6}$ 8^a 19.37

Digitized by Google

Deklination Juli 1898 = 8°15′+

Datum	7^a	10^a	11^a	2^p	5^p	9^p
1.	—	6.40	—	—	—	—
2.	—	—	4.65	4.37	5.28	—
3.	—	—	6.19	4.20	—	—
4.	2.74	5.84	—	3.23	—	5.55
5.	2.60	—	—	4.28	—	4.21
6.	2.04	—	—	3.09	—	5.00
7.	1.42	—	—	3.44	—	4.79
8.	1.49	—	—	3.72	6.47	4.42
9.	2.88	—	—	3.72	—	4.42
10.	—	5.27	—	3.58	—	—
11.	3.44	—	—	3.08	—	—
12.	4.30	—	—	2.04	—	6.33
13.	4.16	—	—	4.16	—	5.63
14.	2.96	—	7.45	2.40	4.22	4.22
15.	**1.27**	—	7.17	4.93	3.86	4.86
16.	2.18	—	8.35	4.21	5.14	5.70
17.	1.50	6.62	—	3.02	—	—
18.	2.18	—	—	3.43	—	4.93
19.	2.04	—	**9.90**	4.13	—	—
20.	2.25	—	7.72	5.00	—	5.77
21.	2.67	—	6.05	4.06	—	—
22.	1.63	—	6.96	6.16	—	5.63
23.	1.50	—	—	4.35	5.70	—
24.	—	5.77	—	3.59	5.56	4.37
25.	—	5.06	—	2.82	4.79	5.07
26.	1.58	6.40	—	2.95	5.42	5.07
27.	2.33	6.47	—	4.44	—	5.98
28.	2.03	—	6.96	5.00	5.21	—
29.	2.74	—	6.61	3.36	5.49	—
30.	3.32	—	—	3.53	5.14	5.07
Mittel . .	2.39	5.98	7.09	3.91	5.19	5.11
Korrektion auf Tagesm.	+2.17	−1.42	−2.53	+0.65	−0.63	−0.55

Mittel **8°19′56.**

Ausserdem wurde beobachtet:

$^{2}/_{7}$ 8^a 3.60	$^{11}/_{7}$ 4^p 4.72	$^{27}/_{7}$ 6^p 6.27
$^{3}/_{7}$ 8^a 3.60	$^{20}/_{7}$ 6^p 5.84	$^{30}/_{7}$ 4^p 4.93
4^p 4.71	$^{23}/_{7}$ 0^p 6.34	
$^{11}/_{7}$ 9^a 4.79	$^{25}/_{7}$ 8^a 3.02	

Deklination August 1898 = 8°15′+

Datum	7^a	2^p	9^p
2.	3.92	—	—
12.	—	2.53	—
13.	0.28	1.96	—
14.	2.47	2.47	4.44
15.	2.43	—	—
16.	1.20	2.95	4.58
17.	**−1.30**	3.67	4.37
18.	−0.32	3.53	—
19.	—	3.53	5.14
20.	0.92	2.82	—
21.	1.63	3.03	4.13
22.	−1.04	3.16	3.59
23.	0.01	4.14	4.51
24.	0.08	4.93	4.44
25.	0.99	2.81	4.13
26.	0.71	3.43	3.30
27.	−0.84	4.09	3.81
28.	0.22	2.11	—
29.	−0.77	1.77	3.67
30.	−0.55	2.20	3.32
31.	1.56	1.70	4.23
Mittel . .	0.61	2.99	3.40
Korrektion auf Tagesm.	+2.48	+0.10	−0.31

Mittel **8°18′09.**

Ausserdem wurde beobachtet:

$^{16}/_{8}$ 5^p 5.27	$^{21}/_{8}$ 4^p 3.60	$^{28}/_{8}$ 4^p 1.83	$^{29}/_{8}$ 5^p 2.33
$^{17}/_{8}$ 0^p 5.49	5^p 3.92	5^p 3.11	$^{30}/_{8}$ 9^a 4.37
$^{19}/_{8}$ 8^a 2.33	$^{22}/_{8}$ 5^p 4.13	6^p 3.11	$^{31}/_{8}$ 6^p 3.78
$^{21}/_{8}$ 0^p **8.50**	$^{25}/_{8}$ 5^p 4.44	$^{29}/_{8}$ 4^p 1.29	

Deklination September 1898 = 8°15′+

Datum	7^a	2^p	5^p	9^p
1.	+1.50	1.01	—	3.11
2.	1.50	3.46	—	3.39
3.	−0.11	3.60	—	3.25
4.	0.17	2.20	2.83	3.53
5.	1.64	2.41	—	—
6.	0.73	0.73	1.99	—
7.	—	0.80	1.71	2.90
8.	0.94	2.34	—	—
9.	0.94	3.57	—	3.50
10.	1.82	**−0.06**	1.12	1.31
11.	2.03	0.77	0.21	—
12.	1.40	1.12	—	3.43
13.	2.38	—	—	—
14.	2.03	2.31	0.91	—
15.	0.70	2.73	—	—
16.	3.43	1.47	—	—
17.	—	2.03	—	—
20.	—	—	2.83	—
21.	0.77	2.38	—	3.43
22.	2.03	1.54	—	—
23.	2.80	1.75	3.57	—
24.	2.38	2.73	—	2.24
25.	0.70	2.10	—	—
26.	—	1.54	—	2.52
27.	1.61	2.03	2.10	2.80
28.	2.66	2.73	—	3.78
29.	0.28	2.87	—	3.22
30.	2.17	2.52	—	—
Mittel . .	1.40	2.03	1.91	3.03
Korrektion auf Tagesm.	+1.51	+0.88	+1.00	−0.12

Mittel **8°17′91.**

Ausserdem wurde beobachtet:

$^{4}/_{9}$ 11^a 5.91	$^{10}/_{9}$ 8^a 3.37	$^{11}/_{9}$ 10^a 7.98	$^{15}/_{9}$ 10^a 6.44
$^{7}/_{9}$ 8^a 1.22	9^a 5.60	11^a 5.95	$^{17}/_{9}$ 8^a 1.47
0^p 6.26	10^a 6.60	$^{12}/_{9}$ 0^p 5.95	$^{20}/_{9}$ 9^a 4.13
$^{8}/_{9}$ 11^a 7.03	11^a 5.92	6^p 2.80	$^{24}/_{9}$ 6^p 2.87
$^{9}/_{9}$ 11^a **9.45**	0^p 3.57	$^{13}/_{9}$ 10^a 7.70	$^{26}/_{9}$ 9^a 4.83
0^p 8.33	$^{11}/_{9}$ 8^a 4.20	$^{14}/_{9}$ 11^a 6.86	$^{29}/_{9}$ 11^a 4.69
6^p 2.56	9^a 6.23	6^p 1.68	

Digitized by Google

Deklination Oktober 1898 = 8°15′+

Datum	7^a	2^p	9^p
1.	4.27	1.19	—
2.	4.34	1.33	2.24
3.	4.27	2.10	—
4.	4.13	1.19	2.03
6.	4.41	—	—
7.	—	—	—
9.	4.27	—	—
10.	3.15	—	—
12.	—	—	2.24
13.	4.41	—	2.17
14.	—	—	1.61
15.	4.27	—	3.01
16.	3.43	0.21	1.96
17.	2.80	−0.63	—
18.	2.66	0.98	—
19.	2.38	—	—
20.	**5.88**	−0.14	2.59
21.	4.27	0.77	2.17
22.	2.87	0.28	—
23.	2.31	—	1.89
24.	2.66	1.33	—
25.	3.43	**−1.27**	2.10
26.	2.38	0.70	—
27.	2.45	−0.14	—
28.	2.80	0.14	—
29.	4.41	—	—
30.	3.15	—	—
Mittel . .	3.56	0.54	2.18
Korrektion auf Tagesm.	−0.87	+2.15	+0.51

Mittel **8°17′69.**

Ausserdem wurde beobachtet:

$^1/_{10}$	5^p	2.94	$^9/_{10}$	0^p	4.34	$^{16}/_{10}$	6^p	2.52
$^2/_{10}$	0^p	2.59	$^{10}/_{10}$	0^p	2.03	$^{19}/_{10}$	3^p	−0.63
	5^p	3.57	$^{12}/_{10}$	3^p	1.75	$^{26}/_{10}$	6^p	2.17
$^3/_{10}$	6^p	3.57	$^{13}/_{10}$	0^p	2.87	$^{27}/_{10}$	4^p	1.40
	10^p	2.87		5^p	2.45		5^p	1.73
$^4/_{10}$	5^p	2.73	$^{14}/_{10}$	11^a	3.85		6^p	2.03
$^7/_{10}$	6^p	3.43		5^p	2.66	$^{31}/_{10}$	6^p	2.73

Deklination November 1898 = 8°15′+

Datum	7^a	11^a	2^p	5^p	6^p	9^p
1.	5.53	—	**−2.59**	—	2.38	1.54
2.	5.88	—	−1.19	2.24	—	1.54
3.	5.88	—	−0.42	—	—	2.24
4.	—	—	−1.08	—	2.80	2.03
5.	2.87	—	—	1.12	—	—
6.	2.94	—	0.42	0.84	—	—
7.	4.67	—	−0.07	2.31	—	—
8.	4.83	—	0.77	—	1.96	—
9.	4.27	2.52	0.21	—	2.17	—
10.	4.06	1.82	−0.21	—	1.82	—
11.	3.71	0.63	1.12	—	1.89	—
12.	4.90	—	1.82	—	2.80	—
13.	4.62	—	0.07	—	1.89	—
14.	4.97	—	−0.28	2.66	—	—
15.	4.83	−0.07	0.07	2.38	—	—
16.	**7.07**	−1.96	−1.33	1.47	—	—
17.	4.76	0.70	1.26	1.82	—	—
18.	4.13	0.07	−2.17	0.84	—	—
19.	3.29	0.84	−1.26	—	1.05	—
20.	4.97	—	−0.63	—	—	2.31
21.	4.48	4.86	−1.40	—	0.77	0.07
22.	—	—	−1.82	—	—	—
23.	2.87	0.70	0.56	1.54	—	—
24.	2.03	—	−0.42	0.77	—	0.42
25.	—	−1.26	—	2.17	—	—
26.	—	1.69	—	0.63	0.77	—
27.	2.52	—	0.49	—	—	0.49
28.	2.87	—	−0.14	1.19	—	—
29.	4.27	−1.40	−1.68	—	0.56	0.35
30.	2.73	1.19	1.05	1.12	—	0.49
Mittel . .	4.15	0.74	−0.33	1.54	1.74	1.15
Korrektion auf Tagesm.	−2.37	+1.04	+2.11	+0.24	+0.04	+0.63

Mittel **8°16′78.**

Ausserdem wurde beobachtet:

$^3/_{11}$	0^p	0.63	$^{14}/_{11}$	0^p	−0.77	$^{25}/_{11}$	3^p	0.42
$^4/_{11}$	8^a	4.30	$^{20}/_{11}$	10^a	0.21	$^{26}/_{11}$	3^p	−0.21
$^7/_{11}$	10^a	1.40	$^{22}/_{11}$	8^a	2.17		4^p	0.07
$^8/_{11}$	10^a	2.31		0^p	0.42	$^{28}/_{11}$	10^a	−0.28
$^{12}/_{11}$	10^a	3.64	$^{25}/_{11}$	8^a	1.96			

Deklination Dezember 1898 = 8°10′+

Datum	7^a	11^a	2^p	5^p	9^p
1.	8.43	—	5.14	5.35	5.19
2.	8.01	7.17	4.72	6.47	—
3.	9.20	7.52	—	6.19	—
4.	7.45	4.37	5.63	—	5.63
5.	9.63	6.61	4.86	6.26	—
6.	10.32	8.22	5.28	5.98	—
7.	7.45	6.68	4.86	6.68	—
8.	7.03	—	—	6.82	—
9.	8.22	6.96	6.05	6.82	—
10.	7.45	7.45	6.12	6.47	—
11.	6.96	7.52	4.23	6.19	6.05
12.	6.33	4.72	5.35	6.68	—
13.	4.20	—	5.42	6.75	5.56
14.	**10.95**	9.90	—	4.86	—
15.	10.37	3.32	3.60	6.19	5.63
16.	8.78	4.79	2.62	5.35	—
17.	7.24	—	2.41	6.89	5.56
18.	8.92	7.17	**0.78**	4.72	—
19.	7.31	8.99	3.81	6.47	6.89
20.	7.45	6.82	—	—	6.26
21.	6.96	8.99	5.63	4.30	5.56
22.	4.93	7.10	4.86	4.86	—
23.	5.91	7.52	5.21	4.72	5.56
24.	6.82	6.19	6.26	5.19	—
25.	8.15	5.00	4.09	2.76	4.86
26.	7.24	—	4.86	—	4.58
27.	8.92	1.22	1.43	4.65	4.16
28.	—	2.76	4.37	—	5.70
29.	9.34	2.97	5.28	—	—
30.	9.55	3.39	3.88	5.49	—
31.	8.01	—	3.39	—	—
Mittel . .	7.91	6.09	4.41	5.72	5.51
Korrektion auf Tagesm.	−1.97	−0.15	+1.53	+0.31	+0.43

Mittel **8°15′94.**

Digitized by Google

Ausserdem wurde beobachtet:

$^{2}/_{12}$	8^a	8.01	$^{11}/_{12}$	1^p	4.79	$^{18}/_{12}$	1^p	5.14
$^{3}/_{12}$	3^p	6.33		3^p	4.23	$^{21}/_{12}$	4^p	3.39
$^{11}/_{12}$	6^a	6.68		4^p	5.98	$^{25}/_{12}$	0^p	4.58
	8^a	6.82		7^p	5.70	$^{26}/_{12}$	0^p	2.55
	9^a	7.73	$^{13}/_{12}$	10^a	4.37	$^{28}/_{12}$	8^a	8.50
	10^a	8.22	$^{14}/_{12}$	3^p	4.16	$^{31}/_{12}$	0^p	1.22
	0^p	5.63	$^{18}/_{12}$	0^p	6.82			

Deklination Januar 1899 = 8°10′+

Datum	8^a	10^a	0^p	2^p	3^p	5^p	9^p
1.	—	—	—	4.72	—	—	4.58
2.	8.43	—	4.02	1.99	—	—	—
3.	—	—	8.22	—	—	4.37	—
4.	5.98	—	6.82	—	4.16	4.72	—
5.	5.49	—	4.72	3.18	3.32	3.67	—
6.	4.16	—	7.52	—	3.81	4.72	—
7.	4.02	—	5.98	—	2.83	3.32	—
8.	3.46	—	4.44	4.93	—	—	—
9.	4.79	—	3.04	3.32	4.16	3.32	—
10.	6.68	—	4.72	—	4.37	5.35	—
11.	5.75	—	3.25	1.64	1.92	5.77	—
12.	8.08	—	1.92	—	4.37	5.70	—
13.	5.35	—	5.35	—	4.02	7.03	—
14.	7.45	1.71	0.17	3.39	4.44	6.82	—
15.	8.92	5.14	1.92	—	4.86	6.68	4.02
16.	**10.32**	—	2.97	—	3.95	5.84	—
17.	8.78	8.30	3.32	—	5.49	—	—
18.	8.22	—	2.06	—	1.22	6.68	—
19.	6.82	—	6.68	—	+2.62	5.21	—
20.	4.72	—	—	—	**−1.16**	3.67	—
21.	6.12	8.15	6.47	3.32	—	3.32	—
23.	3.32	—	−0.18	—	2.76	3.88	—
24.	4.72	—	2.62	2.76	2.76	4.72	—
25.	6.89	—	4.72	—	0.38	0.87	3.67
26.	3.67	—	5.42	5.21	4.37	4.72	4.02
27.	4.72	1.99	0.66	1.22	—	—	—
28.	6.47	—	1.22	—	1.92	5.32	4.72
29.	—	7.85	3.18	1.57	—	—	4.09
30.	7.73	10.46	7.38	3.39	3.67	4.72	3.95
31.	6.47	5.98	—	1.15	1.22	5.28	4.16
Mittel	6.20	6.20	4.02	2.98	3.11	4.82	4.15
Korr. auf Tagesm.	−1.44	−1.44	+0.74	+1.78	+1.65	−0.06	+0.61

Mittel 8° 14′.76.

Ausserdem wurde beobachtet:

$^{2}/_{1}$	6^p	5.35	$^{15}/_{1}$	11^a	3.18	$^{22}/_{1}$	7^a	4.23	$^{27}/_{1}$	7^a	6.19
$^{3}/_{1}$	9^a	6.12		1^p	2.62		1^p	5.42		1^p	0.66
$^{8}/_{1}$	6^p	4.16		4^p	6.82		6^p	3.39	$^{28}/_{1}$	11^a	4.09
$^{14}/_{1}$	10^a	1.71	$^{16}/_{1}$	11^a	3.81	$^{23}/_{1}$	4^p	3.04	$^{29}/_{1}$	9^a	8.99
$^{15}/_{1}$	7^a	8.50	$^{18}/_{1}$	7^a	5.98		6^p	4.37		11^a	6.75
	9^a	7.80	$^{19}/_{1}$	11^a	8.22	$^{26}/_{1}$	7^a	4.02	$^{30}/_{1}$	7^a	4.72
									$^{31}/_{1}$	7^a	5.42

Deklination Februar 1899 = 8°10′+

Datum	7^a	8^a	10^a	11^a	0^p	2^p	3^p	5^p	6^p	9^p
1.	4.02	5.07	6.12	—	4.72	1.92	1.78	4.72	—	4.23
2.	5.28	6.05	5.07	—	3.32	2.83	2.27	—	4.72	4.09
3.	2.90	5.28	—	—	3.88	1.15	1.22	3.18	—	3.36
4.	2.83	3.39	—	—	5.07	—	2.34	3.67	—	—
5.	4.37	—	4.72	—	3.39	3.88	—	—	—	—
6.	—	5.91	5.49	—	3.88	1.92	—	3.67	—	—
7.	—	5.28	5.47	—	5.77	2.76	—	3.32	—	4.02
8.	4.37	—	5.07	—	3.88	2.97	—	4.37	—	—
9.	—	4.72	—	—	3.11	—	0.94	5.07	—	—
10.	—	5.14	4.44	—	2.83	—	2.63	5.28	—	—
11.	—	5.56	4.72	—	1.08	—	0.52	—	4.16	—
12.	—	**7.31**	—	—	1.22	—	—	—	—	3.88
13.	—	5.07	—	5.77	3.88	—	1.78	—	3.39	—
14.	—	6.12	—	5.47	1.08	—	−0.18	2.27	—	—
15.	—	4.37	4.16	—	3.88	—	0.38	2.27	—	—
16.	2.62	2.55	4.72	—	5.28	—	1.22	3.39	—	—
17.	—	3.67	3.32	—	2.97	—	0.59	2.69	—	—
18.	3.04	3.88	5.07	—	4.37	—	2.69	—	—	3.46
19.	—	—	5.07	—	1.22	**−1.79**	—	—	3.67	3.32
20.	—	5.84	5.07	—	—	2.90	—	2.47	—	—
21.	2.62	—	2.27	—	1.92	—	1.08	3.67	—	3.46
22.	—	5.75	4.02	—	1.78	—	1.08	3.39	—	3.04
23.	—	6.05	—	4.42	1.57	—	−0.53	—	—	4.02
24.	4.02	4.09	4.09	—	2.48	—	0.87	2.97	—	2.83
25.	—	4.09	—	3.32	0.94	—	1.78	3.67	—	—
26.	—	5.49	5.42	—	1.22	—	—	—	—	3.46
27.	—	5.84	3.74	—	0.52	—	0.52	2.20	—	3.74
28.	4.02	6.47	5.31	4.12	2.48	−0.67	—	3.88	—	2.97
Mittel	3.64	5.12	4.67	4.62	2.88	1.79	1.21	3.48	3.98	3.56
Korrektion auf Tagesm.	−0.12	−1.60	−1.15	−1.10	+0.64	+1.73	+2.31	+0.04	−0.46	−0.04

Mittel 8° 13′.52.

Digitized by Google

Deklination März 1899 = 8°10′+

Datum	7^a	8^a	10^a	11^a	0^p	2^p	3^p	5^p	6^p	9^p
1.	—	5.35	4.72	—	1.85	—	0.59	3.25	—	2.83
2.	4.16	5.49	4.37	—	3.39	—	1.85	3.67	—	—
3.	—	6.12	6.54	5.49	4.30	—	2.62	3.11	—	3.04
4.	3.88	4.58	3.95	—	3.18	—	2.41	—	3.46	4.09
5.	3.32	6.26	5.92	—	—	0.80	—	—	2.06	—
6.	—	6.54	—	3.53	2.48	**−0.81**	−0.74	2.69	—	2.55
7.	4.86	6.47	5.47	—	—	3.04	—	3.46	—	4.09
8.	—	4.58	3.32	—	2.06	—	1.08	2.34	—	3.11
9.	—	5.91	—	4.65	3.32	—	0.59	—	2.69	—
10.	—	3.88	5.14	—	3.18	—	1.43	3.04	—	—
11.	—	2.83	2.62	—	1.22	—	1.57	—	—	2.41
12.	3.95	5.56	1.71	—	—	—	—	2.34	2.69	—
13.	4.58	4.65	2.34	—	0.31	—	−0.11	1.43	—	2.69
14.	4.58	6.12	3.67	—	2.62	—	0.87	3.46	—	2.90
15.	—	**7.73**	—	2.90	0.59	1.85	2.06	3.18	—	—
16.	—	3.89	4.02	—	1.57	1.22	—	—	3.39	2.62
17.	6.19	5.28	—	3.74	2.13	1.78	—	2.34	—	—
18.	4.09	—	4.51	—	2.97	1.22	—	—	4.72	2.62
19.	3.67	5.49	—	3.11	1.01	—	0.87	—	—	3.18
20.	2.97	4.37	3.88	—	2.48	−0.18	—	2.90	—	3.18
21.		4.72	6.20	—	—	—	—	—	—	—
Mittel . .	4.20	5.24	4.28	3.90	2.27	1.10	1.20	2.86	3.17	3.02
Korrektion auf Tagesm.	−1.01	−2.05	−1.09	−0.71	+0.92	+2.09	+1.99	+0.33	+0.02	+0.17

Mittel 8°13′19.

Ausserdem wurde beobachtet:
um 6^a am $^{18}/_3$ 3.39; 9^a $^5/_3$ 6.61; $^{18}/_3$ 6.68; $^{21}/_3$ 6.68; 4^p $^{11}/_3$ 3.31; $^{12}/_3$ 1.78; $^{13}/_3$ 0.03; $^{14}/_3$ 1.74.

Tab. III. **Korrektionen der westlichen Deklination auf Tagesmittel.**

	7^a	8^a	9^a	10^a	11^a	0^p	1^p	2^p	3^p	4^p	5^p	6^p	7^p	8^p	9
Januar	−0.81	−1.44	−2.88	−1.44	−0.45	+0.74	+1.86	+1.78	+1.65	−0.17	−0.06	+0.44	+0.50	+0.56	+0
Febr. .	−0.12	−1.60	−1.38	−1.15	−1.10	+0.64	+1.19	+1.73	+2.31	+1.18	+0.04	−0.46	−0.32	−0.18	−0
März. .	−1.01	−2.05	−3.47	−1.09	−0.71	+0.92	+1.51	+2.09	+1.99	+1.48	+0.33	+0.02	+0.07	+0.12	+0
April .	−0.28	−1.00	−2.84	−1.14	−0.79	+0 67	+1.51	+1.93	+1.80	+1.04	+0.24	−0.15	−0.16	−0.19	−0
Mai. . .	+0.46	+0.04	−2.21	−1.18	−0.87	+0.42	+1.51	+1.77	+1.60	+0.60	+0.14	−0.31	−0.40	−0.49	−0
Juni . .	+2.36	+1.23	−0.70	−1.43	−2.06	−1.93	−0.22	+0.10	+0.12	+0.31	−0.55	−1.23	−1.21	−1.20	−0
Juli . .	+2.17	+1.15	−0.23	−1.42	−2.53	−1.78	−0.56	+0.65	+0.21	−0.23	−0.63	−1.49	−1.17	−0.86	−0
August	+2.48	+0.76	−1.28	−2.15	−3.02	−3.90	−1.90	+0.10	+0.48	+0.85	−0.78	−0.36	−0.34	−0.32	−0
Sept. .	+1.51	+0.35	−2.29	−4.27	−3.63	−3.12	−1.12	+0.88	+0.92	+0.96	+1.00	+0.43	+0.25	+0.07	−0
Oktob.	−0.87	−1.09	−1.32	−1.24	−1.16	−0.27	+0.94	+2.15	+2.13	+1.29	+0.01	−0.05	+0.14	+0.33	+0
Nov. . .	−2.37	−1.00	−0.34	+0.32	+1.04	+1.66	+1.88	+2.11	+1.68	+1.71	+0.24	+0.04	+0.23	+0.43	+0
Dez. . .	−1.97	−1.84	−1.79	−0.36	−0.15	+1.78	+0.98	+1.53	+1.03	+1.25	+0.31	+0.27	+0.24	+0.34	+0
Sommer*)	−1.18	−1.50	**−1.86**	−0.82	−0.42	+0.91	+1.39	**+1.90**	+1.80	+1.12	+0.14	**+0.04**	+0.14	+0.26	+0
Winter**)	+1.45	+0.42	−1.59	−1.93	**−2.15**	−1.61	−0.13	**+0.90**	+0.85	+0.59	−0.10	**−0.52**	−0.50	−0.49	−0
Jahr . .	+0.13	−0.54	**−1.73**	−1.38	−1.28	−0.35	+0.63	**+1.40**	+1.33	+0.85	+0.02	**−0.24**	−0.18	−0.06	0

*) Oktober bis März. **) April bis September.

Diskussion der Resultate.

Bei der oft nur sehr kleinen Anzahl von Beobachtungen, die den einzelnen Werthen mitunter zu Grunde liegen, ist es selbstverständlich, dass die so ermittelten Kurven für den täglichen Gang, die sich aus den Tabellen ergeben, ziemlich unregelmässig ausfallen. Auf der Tafel findet man die Kurven, die sich für den täglichen Gang, für das Jahr und für Sommer- und Winter-Halbjahr ergeben. Die Sonne passirt das Zenith von Daressalam am 3. März und am 10. Oktober, sodass man jedenfalls den September ganz zu den Winter-

Digitized by Google

Monaten rechnen muss. Zum Vergleich sind die Kurven gezeichnet, welche sich aus den Aufzeichnungen der Registrir-Apparate in Batavia*) 1897 und in Mauritius**) im Mittel 1876—1890 ergeben. Die mittlere Jahreskurve zeigt überall ein Maximum zwischen 9^a und 10^a, ein Minimum zwischen 2^p und 3^p, dem am Abend ein viel schwächer ausgeprägtes Maximum und in der Nacht ein zweites Minimum folgen.

Das Haupt-Maximum verschiebt sich in den Winter-Monaten (April—September) nach dem Morgen, im Sommer (Oktober-März) nach dem Mittag hin. Das Haupt-Minimum ist im Winter merklich weniger tief als im Sommer. Zugleich vertieft sich im Winter das sekundäre Minimum, sodass es in Daressalam und Batavia im Juni, Juli und August das Nachmittags-Minimum übertrifft; während in Mauritius die Vertiefung hierfür nicht hinreicht. Umgekehrt verflachen sich das sekundäre Maximum und Minimum im Sommer derartig, dass sie in Mauritius im November, Dezember, Januar und Februar, in Batavia im Januar völlig verschwinden, welch' letzterer Verlauf auch für Daressalam mit den vorhandenen Beobachtungen nicht im Widerspruch steht.

Bezüglich ihrer Grösse stimmen die Schwankungen durchschnittlich besser mit denjenigen für Batavia 1897 beobachteten als den für Mauritius für 1876—1890 im Mittel sich ergebenden überein, welch' letztere im allgemeinen grösser sind, wie es bei der grösseren geographischen Breite von Mauritius zu erwarten ist.

Während die Differenzen zwischen dem Haupt-Maximum und dem Nachmittags-Minimum dem oben Gesagten entsprechend in Daressalam wie in Batavia und Mauritius im Sommer grösser sind als im Winter, scheinen die durchschnittlich grössten Tagesschwankungen in Daressalam doch im Winter aufzutreten, aber zwischen dem Haupt-Maximum und dem stark vertieften Minimum des Morgens. Dies ist weder in Batavia noch in Mauritius der Fall, wie überhaupt die Unterschiede der drei Stationen in der Jahreskurve wesentlich darin liegen: Daressalam hat ein tieferes Morgen-Minimum (genauer einen kleineren Werth um 7^a), Mauritius ein tieferes Nachmittags-Minimum als die beiden anderen Stationen.

Da die Daressalamer Beobachtungen nur Einzelablesungen sind, können bezüglich der Grösse der täglichen Schwankung nur Angaben über deren untere Grenze gemacht werden. Tage, an welchen eine Schwankung von 7′ in 24 Stunden nachweislich überschritten wurde, sind die folgenden:

Tab. IV. **Schwankungen der Deklination um mehr als 7′ in 24 Stunden.**

Datum	Tageszeit	Deklination	Schwankung
14. 11. 97	7^a	8° 31′26	
			−8.75
14. 11. 97	2^p	22.51	
			+10.29
15. 11. 97	7^a	32.80	
			−7.56
15. 11. 97	2^p	25.24	
19. 7. 98	7^a	17.04	
			+7.86
	11^a	24.90	
21. 8. 98	M.	23.50	
			−9.54
22. 8. 98	7^a	13.96	
9. 9. 98	7^a	15.94	
			+9.49
	11^a	24.45	
			−7.63
10. 9. 98	7^a	16.82	
10. 9. 98	2^p	14.94	
			+8.04
11. 9. 98	10^a	22.98	
			−7.77
11. 9. 98	5^p	15.21	
1. 11. 98	7^a	20.53	
			−8.12
1. 11. 98	2^p	12.41	
2. 11. 98	7^a	20.88	
			−7.07
2. 11. 98	2^p	13.81	
3. 11. 98	7^a	20.88	
			+7.07
16. 11. 98	7^a	8° 22′07	
			−9.03
16. 11. 98	11^a	13.04	
15. 12. 98	7^a	20.37	
			−7.05
15. 12. 98	11^a	13.32	
18. 12. 98	7^a	18.92	
			−8.19
18. 12. 98	2^p	10.73	
			+8.26
19. 12. 98	11^a	18.99	
27. 12. 98	7^a	18.92	
			−7.70
27. 12. 98	11^a	11.22	
			+7.28
28. 12. 98	8^a	18.50	
14. 1. 99	8^a	17.45	
			−7.28
14. 1. 99	M.	10.17	
			+8.75
15. 1. 99	8^a	18.92	
			−7.00
15. 1. 99	M.	11.92	
			+8.40
16. 1. 99	8^a	20.32	
			−7.35
16. 1. 99	M.	12.97	
18. 1. 99	8^a	18.22	
			−7.00
18. 1. 99	3^p	11.22	
			+7.00
19. 1. 99	11^a	18.22	
20. 1. 99	3^p	8° 8′84	
			+9.31
21. 1. 99	10^a	18.15	
28. 1. 99	0^p	11.22	
			+7.77
29. 1. 99	9^a	18.99	
			−7.42
29. 1. 99	2^p	11.57	
			+9.89
30. 1. 99	10^a	20.46	
			−7.07
30. 1. 99	2^p	13.39	
19. 2. 99	2^p	8.21	
			+7.63
20. 2. 99	8^a	15.84	
28. 2. 99	8^a	16.47	
			−7.14
28. 2. 99	2^p	9.33	
6. 3. 99	8^a	16.54	
			−7.35
6. 3. 99	2^p	9.19	
			+7.28
7. 3. 99	8^a	16.47	
15. 3. 99	8^a	17.73	
			−7.14
15. 3. 99	0^p	10.59	

*) Observations made at the magnetical and meteorological Observatory at Batavia, XX, 1897, S. 205.

**) Mauritius magnetical Reductions, edited by T. F. Claxton, Mauritius 1899, S. 17.

Digitized by Google

Von diesen 36 grossen Schwankungen liegen nur 8 einzeln, während die andern in Gruppen auftreten, unter denen besonders die 4 mit dem 9. 9. 98, dem 1. 11 98, dem 14. 1. 99 und dem 28. 1. 99 beginnenden auffallen, in welcher 4 (einmal sogar 5) derartig grosse Schwankungen hintereinander in nicht viel mehr als 48 Stunden auftreten. Die magnetische Störung am 9. und 10. Sept. 1898 ist auch anderwärts beobachtet worden. Der Abend des 9. war durch ein phänomenales Nordlicht ausgezeichnet.

In der Reihenfolge der 36 angeführten grossen Schwankungen ergeben sich nur 7 Vorzeichenfolgen, woraus zu schliessen ist, dass nach einer starken Schwankung die Zurückführung auf das Durchschnittsniveau im allgemeinen nicht allmählich, sondern wieder durch eine grosse Schwankung im entgegengesetzten Sinne zu Stande kam. Auch in Batavia zeigt der 14. 11. 97 zwischen 8^a und 3^p eine ziemlich grosse Schwankung der Deklination, nämlich 6′8.

Aus den gefundenen Mittelwerthen für die einzelnen Monate:

Datum	Deklination 8° +	Datum	Deklination 8° +	Datum	Deklination 8° +
10. 5. 97	33′75	21. 8. 98	18′09	15. 1. 99	14′76
1. 11. 97	28′50	15. 9. 98	17′91	14. 2. 99	13′52
1. 12. 97	27′78	15. 10. 98	17′69	10. 3. 99	13′19
15. 6. 98	20′90	15. 11. 98	16′78		
15. 7. 98	19′56	15. 12. 98	15′94		

ergiebt sich eine sehr starke Abnahme der westlichen Deklination.

Während nach den früheren Karten (s. Berghaus' physikal. Atlas, Bl. 39) die Säkular-Aenderung für 1870—1890 jährlich etwa zu —3′ anzunehmen ist, und auch noch im Segelhandbuch für die deutsch-ostafrikanische Küste für Daressalam und 1895.0 der Werth —3′3 angegeben ist, betrug die Aenderung vom Mai 1897 bis März 1899 auf's Jahr berechnet

$$-11'2.$$

Zerlegt man den Zeitraum in etwa halbjährige Perioden, so erhält man:

Datum	Deklination	Jährliche Aenderung	
10. 5. 97	8°33′75		
		—11′16	
1. 11. 97	8°28′50		
		—12′96	
			—11′27
15. 6. 98	8°20′90	— 9′89	
15. 11. 98	8°16′78		
		—11′24	
10. 3. 99	8°13′19		

also vom November 1897 bis Juni 1898 eine Steigerung der Abnahme, die durch die geringere Aenderung im folgenden Halbjahr wieder ausgeglichen wird.

B. Absolute Deklinations-Bestimmungen in Daressalam.

In der folgenden Tabelle sind die Reduktionen auf Tagesmittel nach den oben angegebenen Resultaten der Variations-Instrumente (Tabelle III) durchgeführt. Bei der Reduktion auf die Epoche 1900.0 wurden die Säkular-Aenderungen

für 1892.0—1896.0 = — 6′ jährlich
für 1896.0—1900.0 = —11′ jährlich

benutzt; ohne eine so starke Aenderung der Säkular-Aenderung in Rechnung zu setzen, kann man keine annähernde Uebereinstimmung der Endresultate erzielen, zumal da eine lokale Störung auch am Südbasispunkt, der in der Nähe der Moschee und des magnetischen Pavillons gelegen ist, nicht anzunehmen ist. Das einzige etwas Eisen enthaltende Bauwerk in seiner Nähe ist eine Schleuse (falls diese schon damals hergestellt war), und die liegt östlich von dem Beobachtungspunkt, sodass ihr Einfluss höchstens zu grosse beobachtete Werthe der Deklination zur Folge haben könnte, wodurch eine deshalb korrigirte Säkular-Aenderung jener ersten Periode noch kleiner als 6′ ausfallen müsste.

Digitized by Google

Tab. V. **Absolute Bestimmungen der Deklination in Daressalam.**

Beobachtungsort	Beobachter	Datum	Tageszeit	Deklination	Reduzirt auf Tagesmittel	Reduzirt auf 1900.0
Süd-Basispunkt	Lt. z. S. Krause	30. 11. 91	$9^h 30^m$ a. m.	9° 13.2	9° 12.5	8° 4.0
»	Obersteuermann Kegler	14. 11. 93	7 50 a. m.	9 2.0	9 0.7	8 3.2
»	S. M. S. „Möwe“	16. 8. 94	4 18 p. m.	8 54.6	8 55.0	8 2.8
Sodenstrasse*)	Dr. Maurer	28. 12. 95	9 31 a. m.	58.6	47.4	8 3.4
»	»	28. 12. 95	4 48 p. m.	56.7	47.4	8 3.4
»	»	25. 1. 96	5 22 p. m.	52.6	43.2	7 59.8
»	»	25. 2. 96	5 05 p. m.	58.5	49.1	8 6.8
»	»	21. 3. 96	5 05 p. m.	53.1	43.9	2.3
»	»	23. 4. 96	3 46 p. m.	50.9	42.6	1.9
Moschee	»	27. 5. 96	3 42 p. m.	41.3	42.0	2.4
Sodenstrasse*)	»	28. 5. 96	3 43 p. m.	51.0	42.2	2.6
Moschee	»	8. 6. 96	5 14 p. m.	43.2	42.7	3.4
Sodenstrasse*)	»	9. 6. 86	4 25 p. m.	52.7	43.4	4.2
Moschee	»	10. 6. 96	4 08 p. m.	43.3	43.6	4.4
»	»	26. 6. 96	4 02 p. m.	41.5	41.6	2.8
»	»	8. 7. 96	3 32 p. m.	39.5	39.6	1.2
»	Steuermann Völling	23. 7. 96	8 23 a. m.	41.9	42.4	4.5
»	Dr. Maurer	2. 8. 96	9 02 a. m.	42.2	41.4	3.8
»	»	28. 8. 96	8 48 a. m.	40.9	39.6	2.8
»	»	22. 9. 96	3 55 p. m.	40.3	41.3	5.3
»	Lt. z. S. v. Trotha	25. 9. 96	7 37 a. m.	39.5	39.7	3.8
»	»	25. 9. 96	4 11 p. m.	38.3	39.3	3.3
»	Dr. Maurer	20. 10. 96	3 38 p. m.	39.2	40.8	5.6
»	»	4. 11. 96	6 38 a. m.	42.8	40.6	5.8
»	»	20. 11. 96	4 01 p. m.	39.1	40.7	6.4
Platz des magn. Pavillons	»	21. 11. 96	5 08 p. m.	38.7	38.9	4.7
» » » »	»	2. 12. 96	4 40 p. m.	40.4	41.1	7.2
Moschee	»	17. 12. 96	4 46 p. m.	36.5	37.0	3.6
Platz des magn. Pavillons	»	5. 2. 97	4 52 p. m.	35.3	35.4	3.4
» » » »	»	16. 2. 97	11 00 a. m.	35.1	34.0	2.4
Neben dem magn. Pavillon	»	13. 5. 97	4 03 p. m.	33.4	35.0	5.9
» » » »	Lt. z. S. v. Egidy	15. 7. 97	8 18 a. m.	28.8	29.6	2.5
» » » »	Dr. Maurer	19. 10. 97	5 32 p. m.	29.1	29.1	4.8
» » » »	»	21. 10. 97	4 25 p. m.	30.0	31.2	7.1
» » » »	»	27. 10. 97	4 24 p. m.	29.6	30.6	6.6
» » » »	»	6. 11. 97	4 36 p. m.	29.1	29.8	6.1
» » » »	»	24. 11. 97	4 09 p. m.	26.0	27.4	5.3
» » » »	Lt. z. S. v. Egidy	27. 11. 97	5 09 p. m.	26.2	26.4	4.4
» » » »	Dr. Maurer	16. 12. 97	5 36 p. m.	25.1	25.4	3.3
» » » »	»	31. 12. 97	4 57 p. m.	24.2	24.3	2.3
» » » »	»	15. 5. 98	4 31 p. m.	20.0	20.4	2.4
» » » »	»	4. 6. 98	4 34 p. m.	21.3	21.3	3.9
» » » »	»	5. 6. 98	8 14 a. m.	21.3	21.6	4.3
» » » »	»	30. 7. 98	4 26 p. m.	19.2	19.1	2.5
» » » »	»	28. 8. 98	4 21 p. m.	18.3	18.8	4.0
» » » »	»	14. 9. 98	4 08 p. m.	15.3	16.3	2.0
» » » »	Lt. z. S. v. Levetzow	27. 10. 98	a. m.	17.9	17.1	4.1
» » » »	Dr. Maurer	27. 10. 98	4 11 p. m.	15.9	17.1	4.1
» » » »	»	26. 11. 98	4 13 p. m.	15.7	17.0	5.0
» » » »	»	21. 12. 98	4 27 p. m.	13.1	13.7	2.4
» » » »	»	23. 1. 99	3 56 p. m.	12.6	12.8	2.4
» » » »	»	11. 3. 99	4 24 p. m.	13.2	14.2	5.3
					Mittel =	8° 3.88

Die Uebereinstimmung der auf 1900.0 reduzirten Werthe lässt erkennen, dass die gewählte Säkular-Aenderung —11′, wenn man überhaupt eine konstante für den ganzen Zeitraum von 1896.0 bis 1899.2 annehmen will, im Mittel das Richtige trifft. Bildet man aus allen in den einzelnen Jahren gemachten Bestimmungen das Mittel, so findet man

*) Die hier beobachteten Deklinationen sind bei der Reduktion um 9.5 verkleinert worden, um die lokale Störung auszugleichen (vergl. Seite 1).

Digitized by Google

Epoche	Deklination	Deklination Reduzirt auf 1900.0	Säkular-Aenderung	
1896.57*)	8°41′.59	8° 3′.86		
			—12′.07	
1897.54	8°29′.88	8° 2′.82		
			—10′.38	—11′.02
1898.54	8°18′.36	8° 3′.51		
			—10′.23	
1899.12	8°13′.50	8° 3′.87		

Ob thatsächlich, wie es hiernach erscheint, das Maximum der Säkular-Aenderung schon hinter uns liegt, kann erst die Zukunft lehren. Auf der genannten Karte der Säkular-Aenderungen findet man für die Zeit von 1870 bis 1890 einen grösseren Werth als 11′ im Jahr, wie er hier nun für einen Zeitraum von 3 Jahren konstatirt ist, zwischen beiden Polarkreisen nur in Nord-Kanada, also ziemlich in der Nähe des magnetischen Poles, angegeben, wo eine solche Erscheinung schon durch eine geringe Ortsveränderung des magnetischen Poles erklärt wird. Am Aequator aber verlangt dies ein rasches Wandern der Isogonen.

Auch in Mauritius zeigt die Säkular-Aenderung, die die westliche Deklination verkleinert, in der letzten Zeit die Tendenz zum Wachsen; man findet:

	1880—1889	Jährliche Aenderung	—3′.22
	1889—1894	» »	—3′.37
	1894—1897	» »	—4′.59
speziell	1896—1897	» »	—5′.41.

In Batavia war bis 1897 die östliche Deklination in langsamem Abnehmen (jährlich etwa 3′) begriffen; die Säkular-Aenderung wirkte also schon in entgegengesetztem Sinne wie in Mauritius und Daressalam.

C. Absolute Deklinations-Bestimmungen im übrigen Gebiet.

Tab. VI. **Deklinations-Beobachtungen an der Küste.**

Beobachtungsort	Südliche Breite	Oestliche Länge	Beobachter	Datum	Tageszeit	Westliche Deklination	Reduz. auf Tagesmittel	Säkular-Aenderung seit 1896	Dekl. reduz. 19
Jassini	4°40′	39°12′	Dr. Maurer	25. 6. 97	10h38m a. m.	7°47′.8	7°46′.2	—9′.5	7°2
Moabucht	4 46.8	39 13	Lt. z. S. Marks	15. 8. 92	7 40 a. m.	8 30.0	8 31.3	..	.
»	4 46.7	39 13	S. M. S. „Seeadler“	15. 12. 96	5 12 p. m.	7 55.4	7 55.7	—9′.5	.
»	4 46.7	39 13	»	16. 12. 96	6 54 a. m.	7 56.8	7 54.8	..	7°2
Mansabucht	4 56.8	39 11.1	Lt. z. S. Marks	6. 9. 92	4 45 p. m.	8 35.0	8 35.4	..	.
»	4 56.8	39 11.1	S. M. S. „Seeadler“	14. 12. 96	5 06 p. m.	7 58.0	7 58.3	..	.
»	4 56.8	39 11.1	»	15. 12. 96	7 12 a. m.	7 59.4	7 57.5	..	.
»	4 56.8	39 11.1	Sell	24. 6. 97	5 06 p. m.	7 55.2	7 54.6	..	.
»	4 57.0	39 8.7	Lt. z. S. v. Levetzow	25. 2. 98	7 30 a. m.	7 47.2	7 46.2	—9′.5	.
»	4 57.0	39 8.7	»	26. 2. 98	5 00 p. m.	7 47.1	7 47.3	..	.
»	4 57.0	39 8.7	»	28. 11. 98	7 36 a. m.	7 41.0	7 39.3	..	7°
Tanga (Insel II)	5 4	39 6.9	Ober-Stm. Kegler	21. 8. 93	5 30 p. m.	8 18.1?	—	..	.
» »	5 4	39 6.9	Steuermann Hoppe	24. 12. 93	4 00 p. m.	8 28.8	8 29.6	..	.
» (Observ.-Pf.)	5 0	39 7.1	Ober-Stm. Scheibe	13. 7. 94	5 35 p. m.	8 21.5	8 20.4	..	.
» (am Denkmal)	5 4.5	39 6.5	Dr. Maurer	9. 2. 96	5 21 p. m.	8 9.1	8 9.0	..	.
» »	5 4.5	39 6.5	»	31. 5. 96	5 42 p. m.	8 7.2	8 6.6	—10′.0	.
» (Insel II)	5 4	39 6.9	S. M. S. „Seeadler“	16. 12. 96	4 30 p. m.	8 0.8	8 1.5	..	.
» »	5 4	39 6.9	»	17. 12. 96	7 06 a. m.	8 3.0	8 1.2	..	.
» (Observ.-Pf.)	5 0	39 7.0	Lt. z. S. v. Egidy	25. 10. 97	8 04 a. m.	7 51.5	7 50.4	..	.
» »	5 0	39 7.0	Lt. z. S. v. Levetzow	5. 12. 98	6 48 a. m.	7 43.6	7 41.5	..	7°
FunguTongone (Ins.)	5 17.0	39 7.8	Lt. z. S. Marks	18. 10. 93	8 00 a. m.	8 35.0?	8 33.9	..	.
» » »	—	—	Lt. z. S. Meurer	11. 7. 94	5 17 p. m.	8 33.7	8 32.8	8′.33.8 am 14. ..	.
» » »	—	—	»	15. 7. 94	5 08 p. m.	8 33.8	8 32.0	..	.
» » »	—	—	Lt. z. S. Hahn	17. 7. 94	5 15 p. m.	8 37.3	8 36.5	..	.
» » »	—	—	S. M. S. „Seeadler“	14. 11. 96	5 06 p. m.	8 10.6	8 10.8	—10′.8	.
» » »	—	—	»	15. 11. 96	4 54 p. m.	8 6.7	8 7.1	..	.
» » »	—	—	Lt. z. S. v. Levetzow	18. 2. 98	4 24 p. m.	7 50.4	7 51.2	..	.
» » »	—	—	»	19. 2. 98	7 24 a. m.	7 58.7	7 57.9	..	7
Pangani	5 25.7	38 59.2	Lt. z. S. Marks	8. 11. 93	4 30 p. m.	8 48.0	8 48.9	..	.
» (östl. v. d. Boma)	5 26.0	39 0	Dr. Maurer	7. 2. 96	7 00 a. m.	8 23.9	8 23.6	..	.

*) 1896.5 bedeutet dem herrschenden Gebrauch entsprechend: Mitte 1896.

Digitized by Google

(Fortsetzung der Tab. VI.)

Beobachtungsort	Südliche Breite	Oestliche Länge	Beobachter	Datum	Tageszeit	Westliche Deklination	Reduz. auf Tagesmittel	Säkular-Aenderung seit 1896	Deklin. reduz. auf 1900
Pangani (am Kai, 3arm. Lat.)	5° 26′	39° 0′	Dr. Maurer	30. 5. 96	5h 35m p. m.	8° 18′.4	8° 18′.1	—10′.2	..
»	5 26.2	38 59.3	S. M. S. „Seeadler“	12. 11. 96	5 06 p. m.	8 14.4	8 14.6	..	..
»	5 26.2	38 59.3	»	13. 11. 96	7 54 a. m.	8 15.0	8 13.9	..	..
» (östl. v. d. Boma) .	5 26.0	39 0	Dr. Maurer	2. 4. 98	5 18 p. m.	7 59.5	7 59.6	..	7° 43′
Maziwi (Insel)	5 30.4	39 4.2	Ober-Stm. Kegler	10. 11. 93	5 30 p. m.	8 47.5	8 47.6	..	..
» »	5 30.5	39 4.0	Lt. z. S. Meurer	20. 7. 94	4 45 p. m.	8 34.1	8 33.9	..	..
» »	5 30.4	39 4.2	S. M. S. „Seeadler“	11. 11. 96	7 54 a. m.	8 10.0	8 8.9	..	..
» »	5 30.4	39 4.2	»	13. 11. 96	4 48 p. m.	8 10.0	8 10.5	—9′.8	..
» »	5 30.5	39 4.0	Lt. z. S. v. Egidy	2. 11. 97	5 01 p. m.	8 2.1	8 2.1	..	7° 41′
Saadani	6 2.7	38 46.3	Steuermann Hoppe	22. 12. 93	4 30 p. m.	8 51.4	8 52.0	..	..
»	6 2.7	38 46.6	S. M. S. „Seeadler“	16. 10. 96	5 18 p. m.	8 29.4	8 29.4	..	..
»	6 2.7	38 46.6	»	17. 10. 96	7 30 a. m.	8 30.3	8 29.3	..	..
»	6 2.9	38 46.5	Lt. z. S. v. Levetzow	16. 2. 98	5 06 p. m.	8 17.9	8 17.9	—8′.5	..
»	6 2.9	38 46.5	»	17. 2. 98	7 42 a. m.	8 19.4	8 18.4	..	8° 2′
Zanzibar (Insel) ...	6 10.5	39 4.7	Ober-Stm. Kegler	28. 8. 93	4 20 p. m.	8 51.3	8 51.9	..	..
» » ...	6 10.5	39 11.5	Lt. z. S. Meurer	29. 6. 94	9 00 a. m.	8 45.1	8 44.6	..	..
» » ...	6 10.5	39 11.5	»	7. 7. 94	8 36 a. m.	8 45.7	8 46.0	..	..
» » ...	6 10.5	39 11.5	Steuermann Hoppe	8. 7. 94	8 48 a. m.	8 43.7	8 43.7	..	..
» » ...	6 10.5	39 11.5	Lt. z. S. Hahn	10. 7. 94	5 00 p. m.	8 44.9	8 44.3	..	..
» ...	6 10.5	39 11.8	S. M. S. „Seeadler“	3. 8. 96	7 18 a. m.	8 25.8	8 27.8	—8′.5	..
» » ...	6 10.5	39 11.8	»	3. 8. 96	4 54 a. m.	8 27.2	8 26.6	..	..
» » ...	6 10.5	39 11.8	»	1. 9. 96	7 12 a. m.	8 25.9	8 27.7	..	..
» » ...	6 10.5	39 11.8	»	31. 8. 96	4 12 p. m.	8 26.1	8 26.8	..	..
» » ...	6 10.2	39 11.5	Lt. z. S. v. Egidy	20. 9. 97	4 42 p. m.	8 16.4	8 17.3	..	7° 58′
Bagamoyo (Obs.-Punkt)	6 26.8	38 55.1	Lt. z. S. Meyer	22. 12. 93	8 10 a. m.	9 0.4	8 58.6	..	..
» (vorm Denkmal)	6 26.0	38 52.5	Dr. Maurer	29. 5. 96	4 31 p. m.	8 40.7	8 40.8	..	..
»	6 26.6	38 54.8	S. M. S. „Seeadler“	17. 10. 96	4 30 p. m.	8 37.3	8 37.9	..	..
»	6 26.6	38 54.8	»	18. 10. 96	7 48 a. m.	8 38.2	8 37.1	..	..
» (vorm Denkmal)	6 26.0	38 52.5	Dr. Maurer	10. 11. 96	10 31 a. m.	8 37.8	8 38.0	—10′.5	..
» » »	6 26.0	38 52.5	»	22. 12. 96	5 26 p. m.	8 36.8	8 37.0	..	..
» » »	6 26.0	38 52.5	»	25. 12. 96	5 14 p. m.	8 36.2	8 36.4	..	..
» » »	6 26.0	38 52.5	»	22. 12. 97	8 45 a. m.	8 27.2	8 25.3	..	..
» » »	6 26.0	38 52.5	»	23. 12. 97	7 46 a. m.	8 25.8	8 24.1	..	..
» » »	6 26.0	38 52.5	»	16. 9. 98	2 25 p. m.	8 17.3	8 18.2	..	8° 4′
Daressalam	6 49	39 19	siehe frühere Tab.	—	—	—	—	—11′.0	8 4
Mororo (Insel)	7 36.5	39 41.0	S. M. S. „Möwe“	14. 12. 93	—	—	9 17.3[1]	..	..
» »	7 36.5	39 41.0	»	26. 6. 94	—	—	9 11.4[1]	..	..
»	7 36.9	39 41.1	Lt. z. S. v. Egidy	19. 12. 97	4 42 p. m.	8 37.5	8 38.1	—9′.5	..
» »	7 37.0	39 41.1	Lt. z. S. Memminger	7. 7. 98	3 02 p. m.	8 33.9	8 34.1	..	8° 19′
Bueni (Westk. der Insel Mafia)	7 41	39 52	Dr. Maurer	16. 11. 98	5 11 p. m.	8 32.9	8 33.1	—10′.0	8 22
imba Uranga (Insel)	7 46.5	39 21.5	»	8. 3. 96	4 41 p. m.	9 4.1	9 4.9	—10′.0	8 23
alale (Rufiyi-Delta)	7 51	39 20	»	6. 11. 98	5 34 p. m.	8 40.5	8 40.6	—10′.0	8 29
Mohoro (» »)	8 8.4	39 9.3	»	18. 5. 98	9 13 a. m.	8 56.9	8 55.0	—10′.0	8 39
imaya (Insel)	8 18	39 26.5	»	14. 11. 98	5 08 p. m.	8 43.7	8 43.9	—10′.0	8 33
anjove (Insel)	8 34	39 35	»	14. 11. 98	9 00 a. m.	8 52.0	8 51.7	—10′.0	8 40
ilwa Kivindje	8 44.5	39 24.9	S. M. S. „Möwe“	13. 12. 93	—	—	9 37.7[1]	..	..
» »	8 44.5	39 24.9	»	21. 6. 94	—	—	9 34.0[1]	..	..
» »	8 44.5	39 24.9	Dr. Maurer	6. 3. 96	5 14 p. m.	9 24.3	9 24.6	..	..
» »	8 44.5	39 24.9	»	7. 3. 96	6 06 a. m.	9 25.3	9 25.7	..	..
» »	8 44.5	39 24.9	Lt. z. S. v. Trotha	22. 8. 96	4 35 p. m.	9 18.3	9 18.4	—10′.5	..
» »	8 44.5	39 24.9	«	23. 8. 96	6 48 a. m.	9 16.3	9 18.5	..	..
» »	8 44.6	39 25.2	Lt. z. S. v. Egidy	16. 12. 97	7 12 a. m.	9 5.6	9 3.7	..	..
» »	8 44.5	39 24.9	Dr. Maurer	20. 5. 98	8 30 a. m.	9 3.3	9 2.4	..	..
» »	8 44.5	39 24.9	»	7. 11. 98	5 34 a. m.	8 54.6	8 54.7	..	8° 42′
iswere (Dorf Kushungi) .	9 25.5	39 36.5	S. M. S. „Möwe“	12. 12. 93	—	—	10 5.3[1]	..	..
» » » .	9 25.5	39 36	Lt. z. S. v. Trotha	21. 8. 96	4 39 p. m.	9 35.2	9 35.3	..	..
» » »	9 25.5	39 36	»	22. 8. 96	7 04 a. m.	9 34.5	9 36.6	—10′.0	9° 2′
zungu-Bay	9 29.5	39 41	Dr. Maurer	13. 11. 98	5 38 p. m.	9 13.5	9 13.6	—10′.0	9 2

Digitized by Google

(Fortsetzung der Tab. VI.)

Beobachtungsort	Südliche Breite	Oestliche Länge	Beobachter	Datum	Tageszeit	Westliche Deklination	Reduz. auf Tagesmittel	Säkular-Aenderung seit 1896	Dekl. reduz. 1900
Lindi	10° 0′.0	39° 43′.7	S. M. S. „Möwe“	9. 12. 93	—	—	10° 23′.0[1]	..	
»	10 0.0	39 43.7	»	14. 6. 94	—	—	10 14.1[1]	..	
»	10 0.0	39 44.2	Ober-Stm. Scheibe	13. 9. 94	5h 10m p. m.	10° 9′.3	10 10.1	..	
»	9 59.5	39 43.6	»	5. 10. 94	5 40 p. m.	10 15	10 15.2	..	
»	9 59.5	39 43.6	Steuermann Hoppe	6. 10. 94	5 40 p. m.	10 11.9	10 12.1	.	
»	9 59.5	39 43.6	»	12. 10. 94	8 50 a. m.	10 19.9	10 18.6	..	
»	9 59.5	39 43.6	»	12. 10. 94	4 25 p. m.	10 15.3	10 16.1	..	
»	9 59.5	39 43.6	»	13. 10. 94	8 30 a. m.	10 19.0	10 17.8	..	
»	9 59.5	39 43.6	»	13. 10. 94	4 40 p. m.	10 15.4	10 15.9	..	
»	9 59.5	39 43.6	Ober-Stm. Scheibe	4. 11. 94	4 30 p. m.	10 14.2	10 15.1	−10′.0	
»	10 0.0	39 43.7	Dr. Maurer	29. 2. 96	5 33 p. m.	9 59.3	9 59.1	..	
»	10 0.0	39 43.7	»	1. 3. 96	6 20 a. m.	9 59.4	9 59.6	..	
»	9 59.5	39 43.8	Steuerm. Völling	15. 8. 96	5 10 p. m.	9 47.9?	—	..	
»	9 59.5	39 43.8	»	16. 8. 96	7 07 a. m.	9 52.3	9 54.6	..	
»	9 59.5	39 43.7	Lt. z. S. v. Trotha	16. 8. 96	4 48 p. m.	9 54.5	9 54.1	..	
»	9 59.5	39 43.7	»	17. 8. 96	7 08 a. m.	9 53.8	9 56.0	..	
»	9 59.5	39 43.8	Steuerm. Völling	18. 8. 96	6 50 a. m.	9 49.9	9 52.3	..	
»	9 59.5	39 43.8	»	19. 8. 96	7 23 a. m.	9 52.2	9 53.9	..	
»	9 59.5	39 43.8	»	19. 8. 96	4 41 p. m.	9 50.7	9 50.6	..	
»	9 59.4	39 43.6	Lt. z. S. v. Egidy	8. 12. 97	6 54 a. m.	9 46.5	9 44.4	..	
»	9 59.4	39 43.6	»	8. 12. 97	4 54 p. m.	9 38.7	9 39.1	.	
»	9 59.4	39 43.6	Lt. z. S. Memminger	11. 2. 99	7 36 a. m.	9 24.2	9 23.2	..	9°
Mikindani	10 16.5	40 7.5	S. M. S. „Möwe“	6. 12. 93	—	—	10 16.4[1]	..	
»	10 16.5	40 7.5	»	19. 6. 94	—	—	10 7.2[1]	..	
»	10 17.2	40 8.1	Dr. Maurer	1. 3. 96	6 04 p. m.	9 50.7	9 50.5	..	
»	10 17.2	40 8.1	»	2. 3. 96	5 45 p. m.	9 54.4	9 54.3	.	
»	10 16.7	40 7.5	Lt. z. S. v. Trotha	13. 8. 96	4 54 p. m.	9 49.9	9 49.3	−10′.0	
»	10 16.7	40 7.5	»	14. 8. 96	7 12 a. m.	9 48.6	9 50.7	..	
»	10 17.3	40 8.3	Sell	4. 12. 97	6 48 a. m.	9 38.4	9 36.3	..	
»	10 17.3	40 8.3	S. M. S. „Seeadler“	5. 12. 97	5 06 p. m.	9 35.0	9 35.3	..	
»	10 17.2	40 8.1	Dr. Maurer	24. 5. 98	5 51 p. m.	9 31.2	9 30.7	..	9°

Mittel 10° 15′.1 am 10. 10. 94

Mittel 9° 52′.6 a. 17. 8. 96

[1]) Dieser Werth findet sich „korrigirt für den tägl. Gang“ nach der Periode von Batavia in den „Annalen d. Hydrographie f. 18
Die mit ? bezeichneten Werthe erscheinen erheblich zu klein.

Deklinations-Beobachtungen im Innern.

(Beobachter Dr. Maurer).

Beobachtungsort	Südliche Breite	Oestliche Länge	Seehöhe	Datum	Tageszeit	Westliche Deklination	Reduz. auf Tagesmittel	Reduzirt auf 1900
Marangu (Kilima-Ndjaro)	3° 17′	37° 30′	1460 m	24. 2. 98	5h 43m p. m.	8° 20.8	8° 20.6	8° 4′
Kilema »	3 17	37 29	1470 »	23. 2. 98	4 52 p. m.	8 31.3	8 31.7	8 15
Moschi »	3 18.6	37 22	1175 »	27. 2. 98	5 35 p. m.	6 55.9	6 55.9	6 39
Djalaberg	3 19	37 41	1170 »	11. 3. 98	10 30 a. m.	ca. 10°	—	ca. 10°
Ostufer des Jipesees	3 35.5	37 46.5	720 »	12. 3. 98	4 48 p. m.	8° 7.1	8 7.6	7° 51′
Kwa Sengivo (Nord-Pare)	3 47	37 37	825 »	16. 2. 98	5 20 p. m.	7 45.6	7 45.5	7 29
Hessiga (Nordfuss v. Usambara)	4 25	38 11	530 »	17. 3. 98	5 40 p. m.	7 48.9	7 49.0	7 33
Mtai (West-Usambara)	4 28	38 8	1620 »	18. 3. 98	5 13 p. m.	7 43.9	7 44.2	7 28
Mlima (Magamba-Berge)	4 43	38 14	1910 »	11. 6. 97	2 54 p. m.	7 54.3	7 54.6	7 32
Kwai (West-Usambara)	4 45	38 18	1610 »	10. 6. 97	4 55 p. m.	7 46.1	7 45.8	7 23
Wilhelmsthal »	4 48	38 17	1340 »	25. 3. 98	8 54 a. m.	8 4.9	8 1.8	7 46
Mazinde »	4 48.5	38 9.5	570 »	12. 2. 98	10 14 a. m.	8 17.4	8 16.3	7 59
Muhafa »	4 55	38 19	1360 »	7. 6. 97	5 27 p. m.	8 9.4	8 8.7	7 46
Sakarreberg »	4 59.5	38 22	1360 »	5. 6. 97	5 06 p. m.	8 4.6	8 4.2	7 42
» »	4 59.5	38 22	1360 »	27. 3. 98	3 56 p. m.	7 57.4	7 58.8	
Mgambo-Berg (Ost-Usambara)	5 3	38 37	1270 »	2. 6. 97	9 43 a. m.	7 52.3	7 51.0	7 28
Lewa (Bondeï)	5 19	38 46	200 »	21. 6. 97	4 13 p. m.	8 9.8	8 9.9	7 47
Mairanga (Useguha)	5 27.6	37 41	735 »	7. 2. 98	4 44 p. m.	8 17.9	8 18.1	8 1
Kiwansi (Udoë)	6 20	38 37	205 »	23. 1. 98	5 32 p. m.	8 26.0	8 26.1	8 9

Digitized by Google

Aeltere Beobachtungen der Deklination.

Beobachtungsort	Südliche Breite	Oestliche Länge	Seehöhe	Beobachter	Datum	Westliche Deklination	Säkular-Aenderung bis 1900
Am Kibo (Kilima-Ndjaro) ...	—	—	3230 m	Kersten	28. 11. 62	9°35′2	..
Kilema » ...	3° 17′	37° 29′	1470 »	Thornton	3. 8. 61	10 23.2	−3′3
Madschame » ...	3 15	37 0	ca. 1500 »	»	27. 8. 61	9 27.5	..
Moschi » ...	3 18.6	37 22	1160 »	Kersten	3. 12. 62	9 37.1	(−4′6)
Arusha » ...	3 27	36 39	—	»	5. 11. 62	10 1.6	..
Mbaramu (Nordfuss v. Usambara)	4 25	38 15	ca. 500 »	»	15. 10. 62	9 55.3	−3′8
Jipesee	—	—	—	»	7. u. 8. 12. 62	10 1.1	−3′5
Kilulu-Hügel	4 46	39 7	260 »	»	2. u. 3. 11. 62	8 45.1	..
Wanga	4 40	39 13	—	»	8. 11. 63	9 4.2	−2′3
Mombas	4 3	39 41	—	Thornton	16. 6. 61	9 23.2	..
»	4 3	39 41	—	Afrika-Pilot f. 1865	1864.5	9 7′	..
Sansibar	6 10	39 11	—	»	1864.5	10 20	−4′2
Mlalo (West-Usambara)	4 35	38 17	ca. 1600 »	Baumann	17. 9. 88	9 17	ca. −9′

Bemerkungen zu vorstehenden Tabellen:

Die Reduktionen auf Tagesmittel wurden nach der Daressalamer Periode ausgeführt. Die Säkular-Aenderungen (seit 1896) und die auf ganze Minuten abgerundeten Werthe der Deklination für 1900 wurden bei den Stationen mit hinreichend vielen Beobachtungen graphisch durch Auftragen der Werthe der Deklination und Durchlegen einer möglichst gutgelegenen Geraden nach dem Augenmaass erhalten. Vor 1896 müssen erheblich kleinere jährliche Abnahmen bei Bagamoyo, Daressalam und Kilwa angenommen werden. Bei den Stationen, für die sich die Säkular-Aenderung aus den Beobachtungen nicht bestimmen liess, wurde sie den bekannten Nachbarstationen angemessen, gewählt. Für das Innere wurde probeweise eine jährliche Aenderung von −9′ in Rechnung gesetzt, da die allerdings nur $^3/_4$ Jahr auseinanderliegenden Werthe, die auf dem Sakarreberg gefunden wurden, vermuthen lassen, dass die Säkular-Aenderung etwas kleiner als an der Küste ist. Aus den älteren Beobachtungen aus den 60er Jahren ergiebt sich, dass für die Periode 1860 bis 1900 in dem Gebiet eine durchschnittliche jährliche Aenderung von −3′5 stattgefunden hat.

Die Deklination zeigt an der Küste einen sehr regelmässigen Verlauf. Sie nimmt mit wachsender südlicher Breite auf 1° um etwa 21′ zu. Die Richtung, in welcher die Isogonen in dem Gebiete verlaufen, kann aus den Linien:

Fanjove—Mohoro ..... (8° 39′)
Daressalam—Bagamojo—Mairanga . (8° 3′)
Pangani—Lewa—Muhafa ..... (7° 45′)

erkannt werden. Auch die Linie Tanga—Hessiga—Kwa Sengivo würde zu dieser Schaar passen. Dagegen fordern die übrigen Punkte, welche etwa die gleiche Deklination aufweisen, ein starkes Ausbiegen der Isogone in das Usambaragebirge hinein. Ueberhaupt drängen sich dort die Isogonen sehr dicht zusammen, wie besonders die Werthe in Kwai 7° 23′, Wilhelmsthal 7° 46′ und Mazinde 7° 59′ beweisen. Ebenso treten im Kilima-Ndjaro-Gebiet starke Unregelmässigkeiten auf. Die Werthe der Deklination in Marangu, Kilema und am Jipesee sind höher als man bei regelmässigem Verlauf der Isogonen von der Küste her erwarten würde, und wie gross die lokalen Verschiedenheiten auf kleinem Raum sind, beweisen die in Moschi und auf dem Djalaberg gefundenen Zahlen. Die letztere wurde mit einem Peilkompass durch Anpeilen vieler Objekte bestimmt, deren astronomische Azimute durch Messungen mit einem Theodolit ermittelt waren. Auch die Beobachtungen von Thornton und Kersten aus den Jahren 1861 und 1862 zeigen im Kilima-Ndjaro-Gebiet grosse Differenzen auf kleinem Raum.

II. Die Beobachtungen der Horizontal-Intensität.

A. Variationen der Horizontal-Intensität.

Die folgenden Tabellen enthalten die Werthe von H, die sich aus den Ablesungen des Deklinations- und des Horizontal-Intensitäts-Instrumentes im magnetischen Pavillon in Daressalam nach den oben (S. 5) angegebenen Formeln ergeben haben. Ueber die Mittelwerthe für Stunden, für die keine Beobachtungen vorliegen, sowie über die Bildung der Monatsmittel gilt im allgemeinen das Analoge wie bei den Deklinations-

Digitized by Google

Tabellen. Der in der Tabelle „Mitte Oktober 1897 bis Anfang Dezember 1897“ angegebene Mittelwerth wurde so gewählt, dass er die Intervalle zwischen den Werthen um 7^a und 2^p resp. 2^p und 5^p im Mittel im selben Verhältniss theilt, wie es der entsprechende Mittelwerth im November 1898 thut. Einzelne Werthe, welche den täglichen Gang allzusehr entstellen würden, sind bei der Bildung der Stundenmittel nicht berücksichtigt; diese Werthe sind mit einem ! versehen. In der zweiten Hälfte des Oktober 1898 trat ein so starkes Abnehmen der Werthe ein, dass die Mittel in zwei getrennten Theilen gebildet wurden. Für den zweiten Theil wurden die fehlenden Werthe zwischen 7^a und 2^p durch entsprechende Erniedrigung der Werthe des ersten Theiles erhalten. In der Zusammenstellung der Korrektionen sind die für April angegebenen Zahlen die Mittel aus den entsprechenden Werthen im März und Mai.

Tab. VII. **Horizontal-Intensität Mai 1897 in 10^5 cgs-Einheiten.**

28900+ Zahl in der Tabelle.

Datum	7^a	8^a	9^a	10^a	11^a	0^p	1^p	2^p	3^p	4^p	5^p	6^p	9^p
4.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	55	—	—
5.	—	—	—	107	111	114	94	105	83	70	64	—	57
6.	—	—	55	76	90	87	—	—	—	—	—	56	—
7.	**54**	60	75	89	100	104	101	89	75	78	66	62	57
8.	58	73	90	116	117	—	124	113	—	—	85	—	—
9.	74	—	95	109	111	—	106	107	—	—	91	—	83
10.	92	94	—	**126**	—	—	—	105	100	—	—	97	89
11.	90	—	116	123	—	125	—	108	—	57	58	—	—
12.	84	94	—	—	—	—	—	95	—	—	—	—	—
13.	95	—	—	—	—	—	—	—	—	115	118	—	—
17.	—	69	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
18.	—	—	—	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Mittel . .	78	78	86	106	106	107	106	103	86	80	77	72	72
Korrekt.	+5	+5	−3	−23	−23	−24	−23	−20	−3	+3	+6	+11	+11

Mittel **28983.**

Horizontal-Intensität Mitte Oktober 1897 bis Anfang Dezember 1897. 28900+

Datum	7^a	2^p	5^p
16. 10.	108	150	—
17. 10.	131	152	—
18. 10.	105	**102**	—
19. 10.	109	109	106
20. 10.	—	—	108
21. 10.	—	155	120
22. 10.	127	159	—
24. 10.	127	128	—
25. 10.	116	131	—
26. 10.	128	145	—
27. 10.	—	149	136
28. 10.	134	158	—
29. 10.	111	137	—
30. 10.	105	130	—
1. 11.	125	167	—
2. 11.	119	—	—
3. 11.	132	151	—
4. 11.	—	175	—
5. 11.	150	171	—
6. 11.	128	—	105
7. 11.	139	168	—
8. 11.	130	—	—
9. 11.	119	147	—
10. 11.	127	—	—
11. 11.	157	**182**	—
12. 11.	135	—	—

Datum	7^a	2^p	5^p
13. 11.	131	—	—
14. 11.	140	155	—
15. 11.	118	181	—
16. 11.	118	—	—
17. 11.	132	—	—
18. 11.	—	—	117
19. 11.	104	—	—
20. 11.	142	—	115
21. 11.	133	—	—
23. 11.	133	—	—
24. 11.	159	—	127
26. 11.	138	158	146
27. 11.	—	—	164
29. 11.	159	—	—
1. 12.	149	—	138
3. 12.	159	—	—
4. 12.	—	—	161
Mittel . .	130	150	129
Korrekt.	+4	−16	+5

Mittel **29034.**

Ausserdem wurde beobachtet:

um 8^a am $^{9}/_{11}$ 145; $^{27}/_{11}$ 152; $^{29}/_{11}$ 172; $^{1}/_{12}$ 163.
» 9^a » $^{14}/_{11}$ 163; $^{21}/_{11}$ 159.
» 3^p » $^{8}/_{11}$ 150.
» 4^p » $^{27}/_{10}$ 129; $^{6}/_{11}$ 108; $^{24}/_{11}$ 139.

Digitized by Google

Horizontal-Intensität 10^5 *cgs* Ende Mai und Juni 1898.
28900+

Datum	7^a	10^a	11^a	2^p	5^p	9^p
27. 5.	65	—	—	—	—	—
28. 5.	52	—	—	—	—	—
31. 5.	—	—	—	77	—	—
1. 6.	71	—	—	97	—	—
4. 6.	102	—	—	119	101	—
5. 6.	—	98	112	109	—	—
6. 6.	82	—	—	100	67	—
7. 6.	135	127	—	107	—	—
8. 6.	75	—	—	100	86	81
9. 6.	75	—	102	94	86	73
10. 6.	82	—	**136**	122	93	73
11. 6.	80	—	—	106	87	80
12. 6.	73	96	—	113	92	84
13. 6.	72	100	—	123	98	86
14. 6.	73	102	—	104	88	80
15. 6.	107	—	128	122	76	78
16. 6.	84	—	98	114	87	86
17. 6.	93	—	—	113	88	89
18. 6.	83	120	—	—	86	84
19. 6.	90	130	124	103	86	—
20. 6.	—	—	—	99	79	80
21. 6.	91	—	117	114	—	—
22. 6.	90	—	111	117	—	100
23. 6.	94	100	—	101	69	82
24. 6.	90	113	—	108	89	75
25. 6.	87	104	—	117	94	65
26. 6.	105	106	—	54	65	50
27. 6.	79	91	—	58	**32**	44
28. 6.	62	75	—	68	51	47
29. 6.	63	—	—	84	—	—
30. 6.	66	—	91	69	49	—
Mittel . .	82	105	114	100	81	76
Korrekt.	+6	−17	−26	−12	+7	+12

Mittel 28988.

Ausserdem wurde beobachtet:

$^{27}/_5$	8^a	70	$^4/_6$	6^p	76	$^{17}/_6$	0^p	114	$^{19}/_6$	9^a	124
$^{25}/_5$	8^a	93	$^5/_6$	8^a	83	$^{18}/_6$	3^p	120		0^p	130
	3^p	105		9^a	86		6^p	87		1^p	117
$^{31}/_5$	8^a	74		0^p	121		10^p	85!		3^p	85
	3^p	70	$^6/_6$	8^a	82		11^p	88!		4^p	84
$^4/_6$	9^a	103	$^8/_6$	9^a	76		12^p	90	$^{20}/_6$	8^a	83
	0^p	122		12^p	67	$^{19}/_6$	6^a	91	$^{22}/_6$	6^p	104
	4^p	88	$^{11}/_6$	1^p	121		8^a	100	$^{29}/_6$	6^p	34

Horizontal-Intensität Juli 1898. 28900+

Datum	7^a	10^a	11^a	2^p	5^p	9^p
1.	—	78	—	—	—	—
2.	—	—	105	105	89	—
3.	—	—	130	92	—	—
4.	88	112	—	128	—	83
5.	95	—	—	85	—	**55**
6.	77	—	—	110	—	82
7.	91	—	—	101	—	73
8.	84	—	—	97	71	74
9.	87	—	—	95	—	84
10.	—	103	—	108	—	—
11.	99	—	—	122	—	—
12.	101	—	—	129	—	102
13.	92	—	—	105	—	84
14.	93	—	116	101	77	79
15.	95	—	137	119	91	83
16.	96	—	130	127	101	91
17.	106	119	—	108	—	—
19.	—	—	139	**155**	117	—
20.	69	—	99	114	—	75
21.	100	—	153	131	—	—
22.	106	—	127	136	—	91
23.	129	—	—	135	99	—
24.	—	103	—	81	81	77
25.	—	104	—	88	73	73
26.	92	102	—	123	87	78
27.	98	136	—	143	—	75
28.	86	—	125	105	103	—
29.	95	—	126	135	109	—
30.	102	—	—	142	106	97
Mittel . .	95	107	126	115	93	81
Korrekt.	+2	−10	−29	−18	+4	+16

Mittel 28997.

Ausserdem wurde beobachtet:

$^2/_7$	8^a	81	$^{11}/_7$	8^a	116	$^{25}/_7$	8^a	98
$^3/_7$	8^a	95		4^p	125	$^{27}/_7$	6^p	88
	4^p	82	$^{23}/_7$	0^p	146!	$^{30}/_7$	4^p	112

Horizontal-Intensität 10^5 *cgs* August 1898.
28900+

Datum	7^a	2^p	5^p	9^p
2.	93	—	—	—
12.	—	126	—	—
13.	85	90	—	—
14.	86	107	—	79
15.	90	—	—	—
16.	91	**139**	58	**−17!**
17.	65	81	—	+24
18.	84	80	—	—
19.	70	101	—	65
20.	64	105	—	—
21.	74	117	81	64
22.	93	119	24	46
23.	66	88	—	49
24.	70	98	—	64
25.	69	121	92	75
26.	76	112	—	39
27.	75	91	—	48
28.	82	57	70	—
29.	58	78	44	44
30.	64	78	—	54
31.	65	110	—	81
Mittel . .	76	100	61	56
Korrekt.	−2	−26	+13	+18

Mittel 28974.

Ausserdem wurde beobachtet:

$^{17}/_8$	0^p	81!	$^{28}/_8$	10^a	105	$^{29}/_8$	6^p	49
$^{21}/_8$	0^p	100		4^p	36	$^{30}/_8$	8^a	74
	4^p	91	$^{29}/_8$	4^p	44	$^{31}/_8$	6^p	71

Digitized by Google

Horizontal-Intensität September 1898. 28900+

Datum	7^a	11^a	2^p	5^p	9^p
1.	71	—	89	—	48
2.	—	—	117	—	—
3.	31	—	29!	—	14!
4.	44	81	77	30	40
5.	41	—	58	—	—
6.	48	—	79	42	—
7.	55	—	90	53	60
8.	64	138	80	—	—
9.	71	95	81	—	**−120!!**
10.	−76!	40!	26!	4!	35
11.	54	71	77	56	—
12.	93	—	96	—	90
13.	107	—	—	—	—
14.	85	122	107	52	—
15.	98	—	124	—	—
16.	114	—	109	—	—
17.	93	—	141	—	—
20.	—	—	—	92	—
21.	99	—	116	—	81
22.	89	—	**140**	—	—
23.	77	—	106	94	—
24.	88	—	84	—	48
25.	79	—	88	—	—
26.	83	—	93	—	67
27.	79	—	106	—	60
28.	60	—	55	—	18!
29.	75	55!	31!	—	51
30.	52	—	75	—	—
Mittel..	74	101	95	60	58
Korrekt.	0	−27	−21	+14	+16

Mittel **28974.**

Ausserdem wurde beobachtet:

$^7/_9$	0^p 94	$^{10}/_9$	0^p 21!	$^{12}/_9$	6^p 80	$^{20}/_9$	9^a 118
$^9/_9$	0^p 89	$^{11}/_9$	8^a 53	$^{13}/_9$	10^a 24	$^{24}/_9$	6^p 48
	3^p 85		9^a 43	$^{14}/_9$	4^p 73	$^{27}/_9$	6^p 67
	6^p−16!		10^a 60		6^p 44		
$^{10}/_9$	8^a−72!	$^{12}/_9$	0^p 111	$^{15}/_9$	10^a 112		

Horizontal-Intensität $10^5 cgs$ Oktober 1898. 28900+

Datum	7^a	2^p	5^p	9^p
1.	45	75	52	—
2.	61	91	56	45
3.	47	87	—	61
4.	73	98	66	69
6.	—	—	—	—
7.	—	—	—	—
9.	53	—	—	—
10.	50	—	—	—
12.	—	—	—	42
13.	60	—	60	36
14.	—	—	34	31
15.	49	—	—	32
16.	40	69	—	40
17.	37	52	—	—
18.	38	65	—	—
19.	50	75	—	—
Mittel..	50	76	54	44
Korrekt.	+12	−14	+8	+18

Mittel 28962.

Datum	7^a	2^p	5^p	9^p
20.	58	57	—	−7
21.	28	50	—	17
22.	42	49	—	—
23.	28	—	—	17
24.	29	55	—	—
25.	20	9	—	**−28**
26.	7	−5	—	—
27.	4	25	5	—
28.	18	51	—	-
29.	1	—	—	—
30.	−14	—	—	—
Mittel..	20	36	5	0
Korrekt.	+5	−11	+20	+25
Mittel der Korrektion.	+9	−13	+14	+21

Mittel **28925.**

Ausserdem wurde beobachtet:

$^2/_{10}$	0^p 116	$^9/_{10}$	0^p 110	$^{14}/_{10}$	11^a 84	$^{27}/_{10}$	6^p 4
$^3/_{10}$	6^p 86	$^{10}/_{10}$	0^p 117	$^{16}/_{10}$	6^p 38	$^{31}/_{10}$	6^p 0
$^6/_{10}$	11^a **122**	$^{12}/_{10}$	3^p 78	$^{26}/_{10}$	6^p−11		
$^7/_{10}$	6^p 48	$^{13}/_{10}$	0^p 112	$^{27}/_{10}$	4^p 5!		

Horizontal-Intensität November 1898. 28900+

Datum	7^a	11^a	2^p	5^p	6^p	9^p
1.	17	—	47	30	—	8
2.	17	—	66	31	—	26
3.	18	—	49	—	—	22
4.	23	—	31	—	13	15
5.	15	—	—	17	—	—
6.	37	—	52	36	—	—
7.	21	—	49	22	—	—
8.	41	—	65	40	—	—
9.	32	59	45	6	—	—
10.	26	71	52	—	25	—
11.	37	70	47	11	—	—
12.	56	49	44	—	19	—
13.	44	—	66	—	27	—
14.	32	71	60	35	—	—
15.	42	88	62	36	—	—
16.	50	**131**	63	31	—	—
17.	40	82	48	6	—	—
18.	23	56	4	−13	—	—
19.	17	68	35	—	19	—
20.	48	—	61	—	—	18
21.	42	51	40	—	18	−8
22.	—	—	**−38**	—	—	—
23.	12	41	22	13	—	—
24.	19	—	47	31	—	12
25.	—	63	—	31	—	—
26.	—	49	—	10	5	—
27.	37	—	43	—	—	−4
28.	35	—	54	19	—	—
29.	25	55	33	—	18	23
30.	43	71	49	29	—	30
Mittel..	31	67	44	22	18	14
Korrekt.	0	−36	−13	+9	+13	+17

Mittel **28931.**

Ausserdem wurde beobachtet:

$^3/_{11}$	0^p 64	$^{20}/_{11}$	10^a 103	$^{25}/_{11}$	8^a 36	$^{26}/_{11}$	4^p 14!
$^7/_{11}$	10^a 59	$^{22}/_{11}$	8^a 23		3^p 46	$^{28}/_{11}$	10^a 61
$^8/_{11}$	10^a 68		0^p 49	$^{26}/_{11}$	3^p 33		

Digitized by Google

Horizontal-Intensität Dezember 1898. 28900+

Datum	7^a	11^a	0^p	2^p	5^p	9^p
1.	45	—	—	63	45	29
2.	31	92	—	55	35	—
3.	25	85	—	—	38	—
4.	30	82	—	36	—	18
5.	32	81	—	59	41	—
6.	40	87	—	71	70	—
7.	34	50	—	74	33	—
8.	43	—	—	—	—	—
9.	51	81	—	54	37	—
10.	27	60	—	52	36	—
11.	36	58	67	62	36	36
12.	71	96	—	75	56	—
13.	42	76	—	66	60	54
14.	47	54	—	34	**-2**	—
15.	24	60	—	39	30	35
16.	40	92	—	53	25	—
17.	20	—	—	33	22	21
18.	33	80	80	76	39	—
19.	28	74	—	55	42	4
20.	30	68	—	—	—	28
21.	30	57	—	43	60	42
22.	54	69	—	70	49	—
23.	50	70	—	78	50	45
24.	52	89	—	61	54	—
25.	66	72	70	67	59	50
26.	—	—	101	76	—	51
27.	60	114	—	95	76	48
28.	—	93	—	71	—	53
29.	52	99	—	80	—	—
30.	53	93	—	68	58	—
31.	74	—	**116**	88	—	—
Mittel ..	42	78	87	63	44	37
Korrekt.	+6	−30	−39	−15	+4	+11

Mittel **28948.**

Ausserdem wurde beobachtet:

$^{3}/_{12}$ 3^p 52 $^{11}/_{12}$ 9^a 45! $^{11}/_{12}$ 3^p 61 $^{18}/_{12}$ 1^p 82
$^{8}/_{12}$ 6^p 41 10^a 52! 4^p 39 $^{21}/_{12}$ 4^p 49
$^{11}/_{12}$ 8^a 40 1^p 60 7^p 40 $^{26}/_{12}$ 8^a 49
$^{28}/_{12}$ 8^a 49

Horizontal-Intensität 10^5 *cgs* Januar 1899. 28900+

Datum	7^a	8^a	10^a	11^a	0^p	2^p	3^p	5^p	6^p	9^p
1.	—	—	—	—	—	84	—	—	—	58
2.	—	86	—	—	93	85	—	—	68	—
3.	—	—	—	—	66	—	—	55	—	—
4.	—	66	—	—	83	85	—	56	—	—
5.	—	50	—	—	86	91	79	52	—	—
6.	—	62	—	—	89	—	95	50	—	—
7.	—	56	—	—	103	—	89	71	—	—
8.	—	74	—	—	105	106	—	—	79	—
9.	—	73	—	—	98	105	96	73	—	—
10.	—	72	—	—	98	—	102	78	—	—
11.	—	72	—	—	121	95	89	72	—	—
12.	—	58	—	—	100	—	77	62	—	—
13.	—	75	—	—	84	—	80	67	—	—
14.	—	74	102	—	113	119	108	85	—	—
15.	72	89	117	100	85	67	63	68	—	58
16.	—	62	—	82	85	—	49	50	—	—
17.	—	66	76	—	79	—	65	—	—	—
18.	69	78	—	—	96	—	88	58	—	—
19.	—	42	—	71	67	—	65	55	—	—
20.	—	74	—	—	—	—	83	36	—	—
21.	—	47	85	—	96	93	—	58	—	—
22.	55	—	—	—	—	71	—	—	52	—
23.	—	50	—	—	68	67	—	58	43	—
24.	—	62	—	—	104	78	80	62	—	—
25.	—	43	—	—	93	—	84	73	—	58
26.	41	55	—	—	82	67	72	57	—	54
27.	56	63	88	—	100	81	—	—	—	—
28.	72	—	—	**127**	125	—	80	66	—	42
29.	—	—	53	66	54	13	—	—	—	26
30.	32	27	62	—	69	65	60	31	—	**25**
31.	50	50	88	—	—	89	82	37	—	34
Mittel ..	56	62	84	89	90	81	81	60	60	44
Korrekt.	+6	0	−22	−27	−28	−19	−19	+2	+2	+18

Mittel 28962.

Ausserdem wurde beobachtet: $^{3}/_{1}$ 9^a 76; $^{15}/_{1}$ 9^a 107, 4^p 64; $^{23}/_{1}$ 4^p 56; $^{29}/_{1}$ 9^a 46.

Digitized by Google

Horizontal-Intensität Februar 1899. 28900+

Datum	7^a	8^a	10^a	11^a	0^p	2^p	3^p	5^p	6^p	9^p
1.	45	46	79	—	94	81	61	25	—	40
2.	58	61	—	90	106	87	75	—	45	36
3.	40	38	—	—	53	90	79	51	—	41
4.	48	53	—	—	88	—	64	47	—	—
5.	47	—	69	—	90	86	—	—	—	—
6.	—	62	82	—	110	92	—	56	—	—
7.	—	50	77	—	106	120	—	77	—	62
8.	49	—	61	—	87	82	—	—	56	—
9.	—	65	—	—	88	—	78	—	53	—
10.	—	69	90	—	105	—	93	66	—	—
11.	—	63	89	—	98	—	110	—	63	—
12.	—	23	—	—	**1!**	—	—	—	—	45
13.	—	5	—	45	50	—	83	—	10	—
14.	—	30	—	70	63	—	61	28	—	—
15.	—	23	40	—	62	—	43	32	—	—
16.	41	42	68	—	90	—	72	22	—	—
17.	—	36	58	—	87	—	63	31	—	—
18.	34	37	58	—	82	—	69	—	—	37
19.	—	—	87	—	**118**	101	—	—	46	39
20.	—	45	70	—	—	95	—	37	—	—
21.	—	38	56	—	76	—	57	35	—	26
22.	—	44	79	—	84	—	46	41	—	38
23.	—	50	88	—	106	—	67	—	—	57
24.	31	28	24	—	49	—	24	11	—	28
25.	—	29	—	59	48	—	43	15	—	—
26.	—	30	45	—	72	—	—	—	—	48
27.	—	37	71	—	84	—	43	44	—	52
28.	46	43	76	102	91	55	—	25	—	26
Mittel..	44	42	69	73	84	89	65	38	45	41
Korrekt.	+8	+10	−17	−21	−32	−37	−13	+14	+7	+11

Mittel **28952**.

Horizontal-Intensität 10^5 *cgs* März 1899. 28900+

Datum	7^a	8^a	9^a	10^a	11^a	0^p	2^p	3^p	4^p	5^p	6^p	9^p
1.	—	28	—	58	—	83	—	50	—	39	—	29
2.	33	42	—	73	—	92	—	75	—	50	—	—
3.	—	69	—	87	106	**116**	—	66	—	34	—	20
4.	36	40	—	70	—	89	—	61	—	—	40	25
5.	40	53	65	76	—	—	97	—	—	—	58	—
6.	—	61	—	—	106	111	76	68	—	26	—	44
7.	43	54	—	73	—	—	58	—	—	47	—	22
8.	—	30	—	72	—	94	—	60	—	53	—	52
9.	—	45	—	89	—	91	—	66	—	—	57	—
10.	—	57	—	73	—	85	—	39	—	39	—	—
11.	—	21	—	47	—	65	—	48	—	43	—	35
12.	37	51	—	91	—	—	—	—	24	26	33	—
13.	33	39	—	63	—	85	—	52	15	**5**	—	23
14.	34	45	—	83	—	92	—	51	33	33	—	37
15.	—	42	—	84	—	95	72	52	—	41	—	—
16.	—	45	—	70	—	90	79	—	—	—	27	16
17.	29	59	—	76	75	90	88	—	—	43	—	—
18.	38	—	52	88	—	106	87	—	—	—	29	23
19.	40	37	—	—	—	80	—	58	—	—	—	42
20.	55	56	—	89	—	105	86	—	—	58	—	40
21.	53	—	93	90	—	—	—	—	—	—	—	—
Mittel..	39	46	70	76	96	92	80	57	(24)	38	40	31
Korrekt.	+10	+3	−21	−27	−47	−43	−31	−8	+2	+11	+9	+18

Mittel **28949**.

Digitized by Google

Tab. VIII. **Korrektion der Horizontal-Intensität auf Tagesmittel** (Einheit 0.00001 *c g s*).

	7^a	8^a	9^a	10^a	11^a	0^p	1^p	2^p	3^p	4^p	5^p	6^p	7^p	8^p	9^p
Januar .	+ 6	0	—14	—22	—27	—28	—24	—19	—19	+ 2	+ 2	+ 2	+ 7	+12	+18
Februar	+ 8	+10	— 4	—17	—21	—32	—34	—37	—13	+ 1	+14	+ 7	+ 9	+10	+11
März ...	+10	+ 3	—21	—27	—47	—43	—37	—31	— 8	+ 2	+11	+ 9	+12	+15	+18
April ..	+ 7	+ 4	—12	—25	—35	—33	—30	—25	— 6	+ 2	+ 8	+10	+11	+13	+14
Mai	+ 5	+ 5	— 3	—23	—23	—24	—23	—20	— 3	+ 3	+ 6	+11	+11	+11	+11
Juni ...	+ 6	— 4	— 9	—17	- 26	—34	—31	—12	— 7	+ 2	+ 7	+11	+11	+12	+12
Juli	+ 2	— 1	— 5	—10	—29	—26	—22	—18	—14	— 9	+ 4	+ 9	+11	+13	+16
August .	— 2	0	—16	—31	—29	—26	—26	—26	— 6	+17	+14	+14	+15	+17	+18
Sept....	0	— 4	— 7	—25	—27	—25	—23	—21	—11	+ 1	+14	+14	+15	+15	+16
Oktober	+ 9	— 5	—17	—29	- 41	—51	—32	—13	— 8	+ 3	+14	+16	+18	+20	+21
Nov....	0	+ 1	—20	- 42	—36	—25	—19	—13	— 8	+ 2	+ 9	+13	+15	+16	+17
Dez. ...	+ 6	+ 2	— 9	—20	—30	—39	- 23	—15	— 8	+ 4	+ 4	+ 7	+ 8	+10	+11
Sommer	+ 6	+ 2	—14	—26	—34	—36	—28	- 22	—11	+ 2	+ 9	+ 9	+12	+15	+16
Winter .	+ 3	0	— 9	—22	- 28	—28	—26	—20	— 8	+ 3	+ 9	+11	+12	+14	+16
Jahr ...	+ 5	+ 1	—11	—24	—31	—32	—27	—21	— 9	+ 2	+ 9	+10	+12	+14	+16

Diskussion der Resultate.

Zeichnet man nach der Korrektions-Tabelle die Kurven auf, welche den täglichen Gang der Horizontal-Intensität in den einzelnen Monaten darstellen, so zeigen dieselben grosse Unregelmässigkeiten wegen der oft zu geringen Anzahl von Beobachtungen. Erheblich regelmässiger gestalten sich schon die Kurven, welche den Gang für das Jahr und für Sommer und Winter darstellen (siehe Tafel). Die Unterschiede im täglichen Gang, der ein Maximum am Mittag zeigt, im Sommer und Winter sind nicht nennenswerth wie es sich auch für Batavia*), dessen Kurven für 1897 zum Vergleich beigefügt sind, ergeben hat. Ueberhaupt ist zwischen den Kurven von Daressalam und Batavia ein wesentlicher Unterschied nicht zu konstatiren. Bei beiden fällt die grosse Aehnlichkeit mit der Tageskurve der Temperatur in die Augen. Ganz anders aber liegen die Verhältnisse auf Mauritius, wo einerseits die Maximal-Schwankung der mittleren Tageskurve kaum den dritten Theil derjenigen an den beiden anderen Stationen beträgt und andererseits ein merklicher Unterschied zwischen der Sommer- und Winterkurve besteht, indem das Maximum im Winter 3 Stunden früher als im Sommer eintritt. Die Kurven für Mauritius**) sind nach den Mittelwerthen für die Perioden 1883—1890 gezeichnet. (Uebrigens sind in Mauritius die Monatsmittel der Maximal-Schwankung durchschnittlich doppelt so hoch als die Maximal-Schwankungen der mittleren Tageskurve, was auf starkes Variieren der Tageszeit der Extrem-Werthe schliessen lässt.) Das Minimum liegt im Jahresdurchschnitt in Batavia und Mauritius um 9^p; dies ist auch für Daressalam nach dem vorliegendem Material nicht ausgeschlossen.

Von Schwankungen von H innerhalb 24 Stunden um mehr als 0.00080 *c g s*-Einheiten wurden die folgenden beobachtet:

Tab. IX. **Grosse Schwankungen von H in 24 Stunden** in 10^5 *c g s*-Einheiten.

Datum	Tageszeit	dH	Schwankg.	Datum	Tageszeit	dH	Schwankg.	Datum	Tageszeit	dH	Schwankg.
16. 8. 98	2^p	+139	−156	15. 11. 98	5^p	+ 36	+ 95	18. 2. 99	9^p	+ 37	+81
	9^p	− 17		16. 11. 98	11^a	+131		19. 2. 99	0^p	+118	
17. 8. 98	0^p	+ 81	+ 98		5^p	+ 31	−100	28. 2. 99	11^a	+102	−77
22. 8. 98	2^p	+119	− 95	18. 11. 98	5^p	− 13			5^p	+ 25	
	5^p	+ 24		19. 11. 98	11^p	+ 68	+ 81	3. 3. 99	0^p	+116	−96
2. 9. 98	0^p	+117			6^p	+ 19			9^p	+ 20	
3. 9. 98	7^a	+ 31	− 86	20. 11. 98	10^a	+103	+ 84	6. 3. 99	0^p	+111	−85
7. 9. 98	5^p	+ 53			9^p	+ 18	− 85		5^p	+ 26	
8. 9. 98	11^a	+138	+ 85	22. 11. 98	0^p	+ 49		13. 3. 99	0^p	+ 85	−90
9. 9. 98	11^a	+ 95	−111		2^p	− 38	− 87		5^p	− 5	
	6^p	− 16	−104 −215	28. 11. 98	11^a	+127		14. 3. 99	0^p	+ 92	+97
	9^p	−120			9^p	+ 42	− 85	18. 3. 99	0^p	+106	−83
10. 9. 98	11^a	+ 40	+160	1. 2. 99	5^p	+ 25			9^p	+ 23	
14. 9. 98	6^p	+ 44		2. 2. 99	0^p	+106	+ 81				
15. 9. 98	2^p	+124	+ 80								

*) *l. c.* S. 205. **) *l. c.* S. 45.

Digitized by Google

Die Daten treffen vielfach mit denjenigen der grossen Schwankungen der Deklination zusammen. Ganz besonders fallen die enormen Schwankungen am 9. und 10. September 1898 auf. Es ist dabei zu beachten, dass die am 9. 9. zwischen 11^a und 9^p angegebene Schwankung von 0.00215 *c g s*-Einheiten auch insofern nur eine untere Grenze des wahren Betrages vorstellt, als die Nadel am Intensitäts-Apparat um 9^p völlig aus der Skale herausgegangen war und der angegebene Werth von $H = 0.28780$ *c g s*-Einheiten, der dem letzten sichtbaren Skalentheil entspricht, den unbekannten wahren Werth von H noch beträchlich übertreffen kann.

Eine Schwankung um 0.00200 *c g s*-Einheiten ist in Mauritius in den Jahren 1883—1890 nur zweimal im Jahr 1883 übertroffen worden, am 3. 4. und am 22. 11. Am 22. 11. 1883 war sie auch in Batavia grösser; vom 3. 4. 1883 liegt aus Batavia keine Beobachtung vor.

Auch auf dem magnetischen Observatorium zu Potsdam wurden grössere Störungen beobachtet am 16. 8., 3. 9., 9. 9., 10. 9. und 22. 11.*) Am 22. 11. früh wurde auch in Toronto ein magnetisches Gewitter konstatirt.**)

Die für die einzelnen Monate angegebenen Mittelwerthe der Horizontal-Intensität lassen in ihrer Aufeinanderfolge keine Gesetzmässigkeit erkennen. Derjenige lineare Gang, welcher, nach der Methode der kleinsten Quadrate berechnet, am besten mit der thatsächlichen Aufeinanderfolge der Werthe übereinstimmt, ergiebt eine jährliche Abnahme von 0.00036 *c g s*-Einheiten für die Zeit vom Mai 1897 bis März 1898; dabei ist für Oktober 1898 der Mittelwerth der ersten 19 Tage in Rechnung gesetzt.

B. Absolute Bestimmungen der Horizontal-Intensität in Daressalam.

In der folgenden Tabelle hat die Reduktion auf Tagesmittel nach den oben (Tabelle IX) angegebenen Korrektionsreihen für Sommer und Winter stattgefunden. Unter der Rubrik „Art der Beobachtung" bedeuten I und II die benutzten Ablenkungs-Magnete, A = Ablenkungs-Beobachtungen, S = Schwingungs-Beobachtungen. Bei der Bildung der Mittelwerthe für die Epochen 1896.64, 1897.60 und 1898.73 wurden die in der Sodenstrasse gefundenen Werthe nicht berücksichtigt, da sie wegen der dort störend wirkenden benachbarten Eisenmassen, wie zu erwarten, beträchtlich zu hoch sind; ebenso wurde der abnorm niedrige Werth, der Ende Oktober 1898 beobachtet wurde, bei der Mittelbildung ausgeschaltet. Bei der Reduktion auf 1900.0 wurde bis Mitte 1897 Konstanz, von da ab eine jährliche Abnahme um 0.00030 entsprechend den für die drei Epochen gefundenen Mittelwerthen in Rechnung gesetzt. Auch in Batavia betrug die Aenderung von 1896.5 auf 1897.5 +0.00004 *c g s*-Einheiten; die Tabellen für 1898 sind noch nicht erschienen. Die Abnahme von 1897.6 bis 1897.7 stimmt mit dem oben angegebenen, aus den Variations-Beobachtungen erhaltenen Werthe überein.

Absolute Bestimmungen der Horizontal-Intensität in Daressalam.

Tab. X. (Beobachter: Dr. Maurer.)

Beobachtungsort	Datum	Tageszeit	Art der Beobachtung	Werth der Horizontal-Intens. (10^5 *c g s*-Einh.) beobachtet	Tagesm.	red. a. 1900.0
Sodenstrasse	28. 12. 95	5^h09^m p. m.	I II A.	29072	29081	—
»	25. 1. 96	5 35 p. m.	I II A.	29106	29115	—
»	25. 2. 96	5 17 p. m.	I II A.	29175	29184	—
»	21. 3. 96	5 16 p. m.	I II A.	29074	29083	—
»	23. 4. 96	4 04 p. m.	I II A. S.	29055	29058	—
Moschee	27. 5. 96	4 21 p. m.	I II A. S.	29037	29042	28937
»	10. 6. 86	4 42 p. m.	I II A. S.	28976	28983	28908
»	26. 6. 96	4 25 p. m.	I II A. S.	28988	28994	28919
»	8. 7. 96	4 17 p. m.	I II A. S.	28994	28999	28924
»	2. 8. 96	9 35 a. m.	I II A. S.	28990	28973	28898
»	28. 8. 96	9 22 a. m.	I II A. S.	29031	29017	28942
»	22. 9. 96	4 29 p. m.	I II A. S.	29004	29010	28935
»	20. 10. 96	4 10 p. m.	I II A. S.	28995	28999	28924
»	20. 11. 96	4 30 p. m.	I II A. S.	29002	29008	28933
»	17. 12. 96	4 40 p. m.	I II A. S.	29004	29011	28936
Mittel	1896.64				29004	28929

*) M. Eschenhagen. Werthe der erdmagnet. Elemente zu Potsdam für das Jahr 1898. Wiedemann's Ann. 1899, p. 917.
**) Terrestrial Magnetism. 1898, Bd. III, Number 4, p. 193.

Digitized by Google

(Fortsetzung der Tab. X.)

Beobachtungsort	Datum	Tageszeit	Art der Beobachtung	Werth der Horizontal-Intens. ($10^5 cgs$-Einh.) beobachtet	Tagesm.	red. a. 1900.0
Platz des magn. Pavillons	5. 2. 97	$5^h 15^m$ p. m.	I II A.	28986	28995	28920
» » » »	16. 2. 97	10 47 a. m.	I II A. S.	29027	28995	28920
Im magnetischen Pavillon	30. 4. 97	—	Mit d. Carl'schen Instr. A. S.	29017	29008	28933
Neben dem magn. Pavillon	13. 5. 97	4 33 p. m.	I II A. S.	29016	29022	28947
» » » »	21. 10. 97	4 52 p. m.	I A. S.	29031	29039	28973
» » » »	6. 11. 97	4 58 p. m.	I II A.	28995	29004	28940
» » » »	21. 11. 97	4 55 p. m.	II S.	29027	29035	28971
» » » »	24. 11. 97	4 28 p. m.	II A.	29015	29020	28957
» » » »	31. 12. 97	4 50 p. m.	I A. S.	28951	28959	28899
Mittel	1897.60				29009	28937
Neben dem magn. Pavillon	5. 5. 98	$5^h 12^m$ p. m.	I II A. S.	28969	28978	28929
» » » »	15. 5. 98	5 10 p. m.	I II A. S.	28974	28983	28934
» » » »	5. 6. 98	8 56 a. m.	I II A. S.	29005	28997	28942
» » » »	30. 7. 98	4 49 p. m.	I II A.	29007	29015	28972
» » » »	29. 8. 98	4 58 p. m.	I II A. S.	28944	28952	28912
» » » »	14. 9. 98	4 44 p. m.	I II A. S.	28973	28980	28941
» » » »	27. 10. 98	4 40 p. m.	I II A. S.	28890!	28887!	28862!
» » » »	26. 11. 98	4 43 p. m.	I II A. S.	28923	28929	28896
» » » »	21. 12. 98	4 41 p. m.	I II A.	28975	28982	28951
» » » »	23. 1. 99	4 40 p. m.	I II A. S.	28970	28977	28949
» » » »	12. 3. 99	4 54 p. m.	I II A. S.	28937	28945	28921
Mittel	1898.73				28974	28936
				Mittel		28934

C. Absolute Beobachtungen der Horizontal-Intensität im übrigen Gebiet.

Tab. XI. **Absolute Beobachtungen der Horizontal-Intensität an der Küste.**

Beobachtungsort	Breite	Oestl. Länge	Datum	Tageszeit	Horizontal-Intensität ($10^5 cgs$) beobachtet	Tagesm.	red. auf 1900.0		Säk.-Aend. 1860—1900
Wanga	— 4° 40′	39° 13′	8. 11. 63	$6^h 0^m$ p. m.	30393	30402	(29968)		
Jassini	— 4 40	39 12	25. 6. 97	10 52 a. m.	30122	30095	30065		—0.00009
Ras Jimbo	— 4 41	39 13	26. 6. 97	4 51 p. m.	30035	30043	30013		—
Tanga	— 5 4.5	39 6.5	8. 2. 96	6 25 p. m.	29897	29907	29860		—
»	— 5 4.5	39 6.5	9. 2. 96	7 14 a. m.	29876	29881	29834	845	—
»	— 5 4.5	39 6.5	9. 2. 96	5 48 p. m.	29880	29889	29842		—
Pangani	— 5 26	39 0	7. 2. 96	7 17 a. m.	29563	29568	29521		—
»	— 5 26	39 0	30. 5. 96	5 45 p. m.	29699	29710	29667	623	—
»	— 5 26	39 0	2. 4. 98	5 33 p. m.	29692	29702	29681		—
Sansibar	— 6 10	39 11	21. 7. 62	0 0 p. m.	29111?	29073?	28624		
»	— 6 10	39 11	6. 3. 65	9 30 a. m.	29712	29694	29276		ca. —0.00017
Bagamoyo	— 6 26	38 52.5	29. 5. 96	4 46 p. m.	29131	29139	29096		—
»	— 6 26	38 52.5	10. 11. 96	10 39 a. m.	29135	29104	29068		—
»	— 6 26	38 52.5	25. 12. 96	5 32 p. m.	29127	29136	29100		—
»	— 6 26	38 52.5	22. 12. 97	9 15 a. m.	29129	29112	29088	107	—
»	— 6 26	38 52.5	23. 12. 97	8 17 a. m.	29121	29119	29095		—
»	— 6 26	38 52.5	16. 9. 98	2 45 p. m.	29219	29208	29193		—
Daressalam	— 6 49	39 19	—	—	—	—	28934		—
Bueni (Westk. d. Insel Mafia)	— 7 41	39 52	16. 11. 98	5 22 p. m.	28494	28503	28490		—
Simba Uranga (Insel)	— 7 46.5	39 21.5	8. 3. 96	4 53 p. m.	28475	28483	28437		—
Salale (Rufiyi-Delta)	— 7 51	39 20	6. 11. 98	5 45 p. m.	28407	28416	28402		—
Mohoro	— 8 8.4	39 9.3	18. 5. 98	9 43 a. m.	28365	28347	28328		—
Simaya (Insel)	— 8 18	39 26.5	14. 11. 98	5 28 p. m.	28176	28185	28171		—
Fanjove (Insel)	— 8 34	39 35	14. 11. 98	9 13 a. m.	28030	28013	27999		—
Kilwa Kivindje	— 8 44.5	39 24.9	6. 3. 96	5 26 p. m.	27912	27922	27878		—
» »	— 8 44.5	39 24.9	20. 5. 98	8 49 a. m.	27983	27975	27957	909	—
» »	— 8 44.5	39 24.9	7. 11. 98	5 23 p. m.	27898	27907	27893		—
Mzungu Bay	— 9 29.5	39 36	13. 11. 98	5 49 p. m.	27483	37492	27478		—
Lindi	—10 0	39 43.7	29. 2. 96	6 03 p. m.	27183	27192	27146		—
»	—10 0	39 43.7	1. 3. 96	6 26 a. m.	27258	27268	27222	183	—
Mikindani	—10 17.2	40 8.1	1. 3. 96	6 17 p. m.	27075	27085	27039		—
»	—10 17.2	40 8.1	2. 3. 96	5 57 p. m.	27100	27109	27063	051	—

Digitized by Google

Absolute Beobachtungen der Horizontal-Intensität im Innern. (Forts. der Tab. XI.)

Beobachtungsort	Breite	Oestl. Länge	Seehöhe	Datum	Tageszeit	Horizontal-Intensität ($10^5\,cgs$) beobachtet	Tagesm.	red. a. 1900.0	Säk.-Aen 1860—19
Kilema (a. Kilima-Ndjaro) ..	−3° 17′	37° 29.5	1470 m	23. 2. 98	5h 23m p. m.	30385	30394	30372	—
Kibosho » ..	−3 16	37 10	1400 »	28. 2. 98	5 43 p. m.	30610	30619	30597	—
Moshi » ..	−3 18.6	37 22	1175 »	24. 11. 62	0 0 p. m.	31347	31311	(30866)	
» » ..	−3 18.6	37 22	1175 »	27. 2. 98	5 45 p. m.	30522	30531	30509	−0.000
Ostufer des Jipesees	−3 35.5	37 46.5	720 »	13. 12. 62	1 45 p. m.	30809	30786	(30341)	
» » »	−3 35.5	37 46.5	720 »	12. 3. 98	5 06 p. m.	30472	30481	30459	−0.000
Arusha	−3 27	36 39	720 »	7. 11. 62	2 00 p. m.	30685	30663	(30217)	
Mbaramu (Nordf. v. Usambara)	−4 25	38 15	ca. 500 »	15. 10. 62	2 30 p. m.	30728	30711	(30264)	
Hessiga »	−4 25	38 11	530 »	17. 3. 98	5 54 p. m.	30151	30160	30138	−0.000
Mtai (West-Usambara)	−4 28	38 8	1620 »	18. 3. 98	5 29 p. m.	30184	30193	30172	
Mlima (Magambaberge)	−4 43	38 14	1910 »	11. 6. 97	3 09 p. m.	29917	29911	29880	
Kwai (West-Usambara)	−4 45	38 18	1610 »	10. 6. 97	5 07 p. m.	29859	29868	29837	
Wilhelmsthal »	−4 48	38 17	1340 »	24. 3. 98	9 30 a. m.	29956	29936	29915	
Muhafa »	−4 55	38 19	1360 »	7. 6. 97	5 35 p. m.	29577	29587	29556	
Sakarreberg »	−4 59.5	38 22	1360 »	5. 6. 97	5 16 p. m.	29789	29798	29767	
Am Luëngerafluss	−5 1	38 31	250 »	3. 6. 97	11 41 a. m.	29905	29877	29846	
Mgambo-Berg (Ost-Usambara)	−5 3	38 37	1270 »	2. 6. 97	9 49 a. m.	29738	29719	29688	
Makuyuni (Südf. v. Usambara)	−5 2	38 16	340 »	16. 6. 97	4 45 p. m.	29637	29645	29615	
Heruë (Ost-Usambara).	−5 7.5	38 28	900 »	28. 5. 97	1 40 p. m.	29730	29708	29677	
Ngulu ja yu » .	−5 8	38 41	740 »	27. 5. 97	5 00 p. m.	29877	29886	29855	
Korogwe (Südf. v. Usambara)	−5 9	38 26	220 »	17. 6. 97	5 50 p. m.	29608	29619	29589	
Lewa (Bondeï)	−5 19	38 46	200 »	21. 6. 97	4 26 p. m.	29786	29791	29761	
Mairanga (Useguha)	−5 27.6	37 41	735 »	7. 2. 98	4 59 p. m.	29585	29593	29570	
Ngagi (Usaramo)	−6 40	38 54	80 »	20. 1. 98	5 30 p. m.	29078	29087	29064	

In vorstehender Tabelle stammen die Beobachtungen aus den 60er Jahren von Dr. Kersten, die übrigen von Dr. Maurer. Die Reduktion auf Tagesmittel ist nach den oben angegebenen Korrektionen für Sommer und Winter durchgeführt. Für die Säkular-Aenderung ergiebt sich für den Zeitraum seit 1860 ein kleiner negativer Werth; es wurde mit dem Betrag $-0.00012\,cgs$ gerechnet. Trägt man die Werthe für 1900.0 in eine Karte ein, so zeigt sich auch hier an der Küste grosse Regelmässigkeit. Die Horizontal-Intensität nimmt gleichmässig auf 1′ Zuwachs der südlichen Breite um durchschnittlich $0.00089\,cgs$ ab. Die Isodynamen verlaufen unter sehr geringer Neigung gegen die Breitegrade. Im Usambara-Gebirg und im Kilima-Ndjaro-Gebiet zeigen sich erhebliche Unregelmässigkeiten. Das Usambara-Gebirg mit seinen steilen Abstürzen bot gute Gelegenheit Beobachtungen in verschiedener Höhenlage an sehr nahe bei einander gelegenen Stationen zu machen. Solche Stationspaare sind:

Mtai ..... 1620 Meter hoch und Hessiga ..... 530 Meter hoch,
Mgambo-Berg . 1270 » » » Luëngerathal .. 250 » »

Korrigirt man die Werthe jedes Paares auf gleiche Breite, so wird in beiden Fällen der Werth auf der Höhe etwas grösser gefunden als im Thal.

III. Die Beobachtungen der Inklination.

A. Variationen der Inklination.

Die folgenden Tabellen enthalten die aus den Ablesungen an den drei Variations-Instrumenten nach der oben angegebenen Formel berechneten Werthe der Abweichung der südlichen Inklination von ihrem Mittelwerth. Unter (oder eingeklammert hinter) jeder Zahl ist aus den oben (S. 6) angeführten Gründen der Betrag genannt, welcher aus der Schwankung der Horizontal-Intensität herstammt.

Bei der Bildung der Stunden- und Monatswinkel ist in derselben Weise verfahren worden wie bei den Tabellen für die Deklination und Horizontal-Intensität. Zur Bildung der Stundenmittel nicht benutzte Werthe sind mit einem ! versehen; zur Bildung der Monatsmittel nicht benutzte Stundenmittel sind eingeklammert. Das Monatsmittel für die Tabelle „Mitte Oktober 1897 bis Anfang Dezember 1897" ist im Mittel aus den Werthen für 7^a, 2^p und 9^p erhalten, indem an diesen die für November 1898 gefundenen Korrektionen auf Tagesmittel angebracht wurden. Bezüglich der absoluten Werthe der südlichen Inklination ist zu bemerken, dass der Vergleich mit den absoluten Bestimmungen für die Nulllinie ergiebt:

für die Zeit vor Mai 1898 .... 37° 5′
» » » nach Mai 1898 .... 36° 48′

Digitized by Google

Tab. XII. **Inklination Mai 1897. 37°5′+**

Datum	7^a	8^a	9^a	10^a	11^a	0^p	1^p	2^p	3^p	4^p	5^p	6^p	9^p
4.	..	..	..	..	..	..	..	−11.9	..	..	..	..	..
	..	..	..	..	..	..	..	+ 1.2	..	..	..	..	..
5.	..	..	..	−14.3	−13.9	−14.8	−1.52	−15.6	−15.4	−14.0	−13.5	..	−14.5
			..	+ 2.4	+ 2.4	+ 2.5	+ 2.0	+ 2.3	+ 1.8	+ 1.5	+ 1.4	..	+ 1.2
6.	..	..	−16.1	−16.6	−15.8	−15.6	..	..	..	..	..	..	..
			+ 1.2	+ 1.6	+ 2.0	+ 1.9	..	..	..	..	..	..	..
7.	−16.4	−15.6	−16.1	−15.9	−14.4	−14.1	−13.4	−11.0	−11.0	− 9.9	−10.1	− 9.9	−10.5
	+ 1.2	+ 1.3	+ 1.6	+ 1.9	+ 2.2	+ 2.3	+ 2.2	+ 1.9	+ 1.6	+ 1.7	+ 1.4	+ 1.3	+ 1.2
8.	−15.9	−15.8	−15.4	−14.8	−13.5	..	−11.6	− 9.1	..	..	− 7.1	..	..
	+ 1.3	+ 1.6	+ 1.9	+ 2.5	+ 2.5		+ 2.7	+ 2.5	..		+ 1.8	..	
9.	−12.0	.	−11.4	−11.9	−11.9	..	−10.3	− 8.5	..	..	− 7.5	..	− 9.6
	+ 1.6		+ 2.1	+ 2 4	+ 2.4		+ 2.3	+ 2.3	..	.	+ 2.0	..	+ 1.9
10.	−12.7	−13.2	..	−13.0	..	..	..	−10.0	− 8.3	..	.	− 8.7	−11.0
	+ 2.0	+ 2.0	.	+ 2.7				+ 2.3	+ 2.2		..	+ 2.1	+ 1.9
11.	−12.8	..	−17.1	−11.9	.	−11.8	..	−10.3	..	− 8.1	− 9.0	..	..
	+ 2.0		+ 2.5	+ 2.7	..	+ 2.6	.	+ 2.3	.	+ 1.2	+ 1.3	..	.
12.	−12.9	−12.6	..	.	..	.	..	−11.6	..	..	..	..	..
	+ 1.8	+ 2.0			..	.	..	+ 2.0					
13.	−13.7	..	..	.	..	..	..	..	..	−10.7	−10.9	..	..
	+ 2.0		..	.	..	..	..	..	..	+ 2.5	+ 2.6	.	
17.	..	−12.8	..	..	..	..	..	..	..	.	..	..	..
	.	+ 1.5	..	.	.	.	.	.	.	.	..	..	..
18.	..	. ..	..	−13.6	..	..	..	..	.	.	..	..	..
		..		+ 2.2	.	.	.	.	.	.	..	..	..
Mittel...	−14.0	−14.0	−15.2	−14.0	−13.9	−14.1	−12.6	−11.1	−11.6	−10.7	− 9.7	− 9.3	−11.4
Korrekt.	+ 1.6	+ 1.6	+ 2.8	+ 1.6	+ 1.5	+ 1.7	+ 0.2	− 1.3	− 0.8	− 1.7	− 2.7	− 3.1	− 1.0

Mittel **−12.4 = 36° 52′.6.**

Inklination Mitte Oktober 1897 bis Anfang Dezember 1897. 37°5′+

Datum	7^a	2^p	5^p
16. 10.	−15.3	−11.5	..
	+ 2.4	+ 3.2	
17. 10.	−16.8	−12.8	..
	+ 2.8	+ 3.3	
18. 10.	−16.0	−13.3	..
	+ 2.3	+ 2.2	
19. 10.	−14.9	− 9.9	−12.1
	+ 2.4	+ 2.4	+ 2.3
20. 10.	..	..	−11.8
	..	.	+ 2.4
21. 10.	..	−11.8	−12.8
	.	+ 3.4	+ 2.6
22. 10.	−14.0	−12.6	..
	+ 2.8	+ 3.4	.
24. 10.	−14.4	−11.7	..
	+ 2.8	+ 2.8	.
25. 10.	−14.5	−12.1	..
	+ 2.5	+ 2.8	
26. 10.	−15.1	−15.2	..
	+ 2.8	+ 3.1	
27. 10.	..	−13.6	−14.6
		+ 3.2	+ 2.9
28. 10.	−19.3	−13.1	..
	+ 2.9	+ 3.4	
29. 10.	−15.1	−12.6	..
	+ 2.4	+ 3.0	.
30. 10.	−14.0	−14.8	..
	+ 2.3	+ 2.8	.
1. 11.	−16.0	−10.4	..
	+ 2 7	+ 3.6	.
2. 11.	−14.0	..	..
	+ 2.6	.	.

Datum	7^a	2^p	5^p
3. 11.	−13.3	−13.1	..
	+ 2.9	− 3.3	.
4. 11.	..	−13.3	..
	.	+ 3.8	.
5. 11.	−17.1	−13.5	..
	+ 3.2	+ 3.7	..
6. 11.	−15.2	..	−15.2
	+ 2.8	..	+ 2.3
7. 11.	−15.4	−11.7	.
	+ 3.0	+ 3.6	..
8. 11.	−15.3	..	..
	+ 2.8	..	..
9. 11.	−14.7	−12.6	..
	+ 2.6	+ 3.2	..
10. 11.	−14.8	..	..
	+ 2.8	.	..
11. 11.	−14.7	−11.1	..
	+ 3.4	+ 3.9	.
12. 11.	−12.9	..	..
	+ 2.9		.
13. 11.	−12.5	..	..
	+ 2.8	.	..
14. 11.	−15.1	−11.7	..
	+ 3.0	+ 3.4	..
15. 11.	−12.5	− 8.6	..
	+ 2.6	+ 3.9	
16. 11.	-12.1	..	..
	+ 2.6	..	..
17. 11.	−13.2	..	..
	+ 2.9	.	..
18. 11.	..	..	− 9.6
	.		+ 2.5

Datum	7^a	2^p	5^p
19. 11.	−11.8	.	..
	+ 2.3		
20. 11.	− 9.1	..	− 6.5
	+ 3.1	.	+ 2.5
21. 11.	− 8.7	.	..
	+ 2.9	.	.
23. 11.	−10.3	..	..
	+ 2.9	.	
24. 11.	−10.6	..	− 8.3
	+ 3.4		+ 2.8
26. 11.	− 9.1	− 7.0	− 5.8
	+ 3.0	− 3.4	+ 3.2
27. 11.	..	..	− 5.4
	.	.	+ 3.6
29. 11.	−10.0	..	..
	+ 3.4		.
1. 12.	−10.1	..	− 5.8
	+ 3.2	.	+ 3.0
3. 12.	− 9.0	..	..
	+ 3.4		.
4. 12.	..	..	− 6.1
	.	..	+ 3.5
Mittel...	−14.5	−12.1	− 9.5

Monatsmittel **−12.0 = 36° 53′.0.**

Ausserdem wurde beobachtet:

$^{27}/_{10}$	4^p −14.7 (2.8)	$^{21}/_{11}$	9^a − 8.3 (3.4)
$^{6}/_{11}$	4^p −14.4 (2.4)	$^{24}/_{11}$	4^p − 9.1 (3.0)
$^{8}/_{11}$	3^p −15.0 (3.2)	$^{27}/_{11}$	8^a − 9.3 (3.3)
$^{9}/_{11}$	8^a −14.1 (3.1)	$^{29}/_{11}$	8^a −10.1 (3.7)
$^{14}/_{11}$	9^a −13.3 (3.5)	$^{1}/_{12}$	8^a −10.2 (3.5)

Digitized by Google

Inklination Ende Mai und Juni 1898. 36°48′+

Datum	7^a	10^a	11^a	2^p	5^p	9^p
27. 5.	−0.3	..	..	..	..	..
	1.4	..		..	.	..
28. 5.	−0.3	..	..	..	..	..
	1.1	..	.	..		.
31. 5.	..	..	..	2.8	.	..
	..	..	..	1.7	..	..
1. 6.	1.5	..	..	4.0	..	..
	1.5	..	..	2.1	..	..
4. 6.	−0.3	.	..	1.5	3.4	..
	2.2	..	.	2.6	2.2	..
5. 6.	..	−1.4	−1.0	7.8	..	..
	..	2.1	2.4	2.4	.	..
6. 6.	−1.2	..	..	1.4	2.1	..
	1.8	..	.	2.2	1.5	..
7. 6.	−5.1	−2.5	..	2.0	..	..
	2.9	2.7	..	2.3	..	..
8. 6.	−0.1	..	..	2.6	4.6	1.9
	1.6	..	..	2.2	1.9	1.8
9. 6.	−1.0	..	4.0	6.2	7.9	6.3
	1.6	.	2.2	2.0	1.9	1.6
10. 6.	4.1	.	5.2	6.0	7.8	7.7
	1.8	.	2.9	2.6	2.0	1.6
11. 6.	3.3	..	..	3.4	6.5	4.8
	1.7	.	..	2.3	1.9	1.7
12. 6.	2.6	4.1	..	6.7	7.0	5.8
	1.6	2.1	.	2.4	2.0	1.8
13. 6.	2.7	2.4	..	5.6	7.0	5.3
	1.6	2.2	..	2.7	2.1	1.9
14. 6.	2.1	3.6	.	5.0	6.3	4.3
	1.6	2.2	.	2.2	1.9	1.7
15. 6.	0.8	..	2.7	5.3	7.6	5.4
	2.3	.	2.8	2.6	1.6	1.7
16. 6.	2.2	..	2.9	6.5	8.2	6.3
	1.8	..	2.1	2.5	1.9	1.9
17. 6.	2.5	..	..	5.4	6.6	5.7
	2.0	..	..	2.4	1.9	1.9
18. 6.	3.9	1.2	..	.	7.3	6.9
	1.8	2.6	..	.	1.9	1.8
19. 6.	5.1	3.0	3.8	6.2	9.2	..
	2.0	2.8	2.7	2.2	1.9	.
20. 6.	.	..	..	7.8	9.2	7.3
	..	.	..	2.1	1.7	1.7
21. 6.	5.8	..	5.0	7.4	..	..
	2.0	.	2.5	2.5	.	..
22. 6.	6.3	..	4.0	7.6	..	6.6
	2.0	..	2.4	2.5	.	2.2
23. 6.	6.0	7.0	..	8.6	10.3	8.1
	2.0	2.2		2.2	1.5	1.8
24. 6.	6.5	5.1	..	8.2	9.5	8.5
	2.0	2.6		2.3	1.9	1.6
25. 6.	6.6	5.5	.	7.0	8.5	8.4
	1.9	2.2		2.5	2.0	1.4
26. 6.	5.4	5.4	..	10.1	10.5	9.0
	2.3	2.3		1.2	1.4	1.1
27. 6.	6.6	5.5	..	7.4	9.2	9.8
	1.7	2.0		1.3	0.7	1.0
28. 6.	6.5	5.3	..	6.4	7.4	7.1
	1.3	1.6		1.5	1.1	1.0
29. 6.	5.4	..	..	5.3	..	..
	1.4	..	..	1.8	..	..
30. 6.	5.1	..	6.1	8.5	9.5	..
	1.4	.	2.0	1.5	1.1	..
Mittel ..	+3.0	+3.4	+3.6	+5.8	+7.5	+6.6
Korrekt.	+2.1	+1.7	+1.5	−0.6	−2.4	−1.5

Mittel 5.1 = 36°53′1.

Ausserdem wurde beobachtet:

$^{27}/_5$	8^a −1.3 (1.5)	$^5/_6$	9^a! −1.8 (1.9)	$^{18}/_6$	11^p 7.0 (2.0)
$^{28}/_5$	8^a +0.3 (2.0)		0^p! 4.9 (2.6)		12^p 6.2 (2.0)
	3^p! 6.8 (2.3)	$^6/_6$	8^a −1.3 (1.8)	$^{19}/_6$	8^a 3.8 (2.2)
$^{31}/_5$	8^a 1.7 (1.6)	$^8/_6$	9^a! −0.6 (1.6)		9^a! 3.9 (2.7)
	3^p! 3.1 (1.5)		12^p 2.3 (1.5)		0^p! 4.3 (2.8)
$^1/_6$	3^p! 1.3 (2.0)	$^{11}/_6$	1^p 4.9 (2.6)		1^p 5.8 (2.5)
$^4/_6$	9^a −2.1 (2.2)	$^{17}/_6$	0^p! 2.9 (2.5)		3^p 8.3 (1.8)
	0^p! −0.4 (2.6)	$^{18}/_6$	3^p! 6.1 (2.6)		4^p 9.3 (1.8)
	4^p 3.0 (1.9)		6^p 7.0 (1.6)	$^{20}/_6$	8^a 6.6 (1.8)
	6^p 2.8 (1.6)		8^p 6.9 (1.8)	$^{22}/_6$	6^p 9.3 (2.4)
$^5/_6$	8^a −1.9 (1.8)		10^p 7.0 (1.9)	$^{29}/_6$	6^p 8.5 (0.7)

Inklination Juli 1898. 36°48′+

Datum	7^a	10^a	11^a	2^p	5^p	9^p
1.	..	6.1	..	..	..	..
	.	1.7	.	..	..	..
2.	..	..	7.2	9.3	10.3	..
	..		2.3	2.3	1.9	.
3.	..	..	5.6	9.2	..	..
	.	.	2.8	2.0	..	
4.	6.8	6.0	..	7.3	..	8.7
	1.9	2.4	.	2.8	..	1.8
5.	7.1	..	..	9.2	..	9.2
	2.1		.	1.8	..	1.2
6.	7.8	..	..	8.3	..	10.0
	1.7	.		2.4	.	1.8
7.	8.5	..	..	9.0	..	10.3
	2.0		..	2.2	..	1.6
8.	9.1	..	..	10.2	9.0	11.0
	1.8	..	.	2.1	1.5	1.6
9.	8.1	..	.	9.9	..	10.8
	1.9	..	.	2.1	..	1.8
10.	..	8.6	..	9.4	..	..
	.	2.2	.	2.3	..	..
11.	8.6	..	..	9.3	..	..
	2.1	.	..	2.6	..	..
12.	6.8	..	..	7.5	..	8.1
	2.2	.	.	2.8	..	2.2
13.	7.3	..	..	8.8	..	8.8
	2.0	.	.	2.3	..	1.8
14.	8.4	..	7.1	7.6	9.2	9.1
	2.0	..	2.5	2.2	1.7	1.7
15.	7.4	..	7.0	8.2	9.1	8.4
	2.1	..	3.0	2.6	2.0	1.8
16.	7.6	..	6.3	7.4	8.8	8.0
	2.1	..	2.8	2.8	2.2	2.0
17.	7.0	7.8	..	8.9	..	..
	2.3	2.6	..	2.3	..	..
19.	..	..	5.9	8.0	8.6	..
	.	..	3.0	3.4	2.5	.

Digitized by Google

Datum	7^a	10^a	11^a	2^p	5^p	9^p
20.	9.4 1.5	.. ..	9.2 2.2	10.0 2.5	.. ..	10.3 1.6
21.	6.2 2.0	.. ..	5.6 3.3	8.2 2.9	.	.. ..
22.	6.5 2.3	.. ..	6.2 2.8	8.6 2.9	.. .	9.7 2.0
23.	7.7 2.8	.. ..	..	8.1 2.9	11.3 2.1	.. ..
24.	.. .	6.5 2.2	.. ..	7.9 1.8	10.5 1.8	9.0 1.7
25.	.. .	7.2 2.3	..	8.2 1.9	10.0 1.6	9.3 1.6
26.	7.2 2.0	6.4 2.2	.. ..	6.3 2.7	8.8 1.9	7.8 1.7
27.	7.0 2.1	5.4 2.9	..	7.3 3.1	.	8.8 1.6
28.	5.5 1.9	..	5.0 2.7	10.2 2.3	10.4 2.2	..
29.	6.4 2.1	..	6.1 2.7	9.0 2.9	9.4 2.4	.. .
30.	6.4 2.2	..	..	6.9 3.1	7.0 2.3	7.4 2.1
Mittel ...	+7.4	+6.8	+6.5	+8.5	+9.4	+9.1
Korrekt..	+0.8	+1.4	+1.7	−0.3	−1.2	−0.9

Mittel **+8.2 = 36°56′2.**

Ausserdem wurde beobachtet:

$^2/_7$ 8^a 7.1 (1.7)	$^{11}/_7$ 8^a 7.2 (2.5)	$^{25}/_7$ 8^a 7.5 (2.1)
$^3/_7$ 8^a 7.1 (2.1)	4^p 11.7 (2.7)	$^{27}/_7$ 6^p 9.2 (1.9)
4^p 10.7 (1.8)	$^{23}/_7$ 0^p 6.2 (3.2)	$^{30}/_7$ 4^p 7.8 (2.4)

Inklination August 1898. 36°48′+

Datum	7^a	2^p	5^p	9^p
2.	6.7 2.0	.	..	.. .
12.	.. .	11.1 2.7	..	.. ..
13.	5.7 1.8	7.3 2.0	.	..
14.	5.8 1.9	6.7 2.3	..	6.8 1.7
15.	6.9 2.0	..	..	..
16.	5.6 2.0	4.3 3.0	8.5 1.3	13.2 −0.4
17.	8.9 1.4	9.7 1.7	..	10.7 0.5
18.	6.9 1.8	9.4 1.7	.	. ..
19.	..	8.7 2.2	..	8.5 1.4
20.	8.6 1.4	7.7 2.3	.	.. ..
21.	8.7 1.6	8.0 2.5	9.9 1.8	11.0 1.4
22.	7.6 2.0	10.2 2.6	10.6 0.5	10.2 1.0
23.	8.8 1.4	8.5 1.9	..	9.8 1.1
24.	9.1 1.5	9.2 2.1	..	9.2 1.4
25.	8.8 1.5	8.4 2.6	11.6 2.0	9.1 1.6
26.	8.1 1.6	8.8 2.4	..	11.1 0.8
27.	8.9 1.6	7.8 2.0	..	9.7 1.0
28.	9.8 1.8	10.3 1.2	10.7 1.5	.. .
29.	9.7 1.3	9.0 1.7	8.9 1.0	9.7 1.0
30.	8.5 1.4	8.1 1.7	..	9.4 1.2
31.	8.7 1.4	7.2 2.3	..	7.5 1.7
Mittel ...	8.0	8.4	10.0	9.7
Korrekt..	+0.8	+0.4	−1.2	−0.9

Mittel **8.8 = 36°56′8.**

Ausserdem wurde beobachtet:

$^{17}/_8$ 11^a 8.3 (1.7)	$^{21}/_8$ 4^p 9.6 (2.0)	$^{29}/_8$ 4^p 10.1 (1.0)
$^{19}/_8$ 8^a 8.1 (1.5)	$^{28}/_8$ 10^a! 9.4 (2.3)	$^{30}/_8$ 8^a 7.4 (1.6)
$^{21}/_8$ 11^a 6.3 (2.2)	4^p 11.4 (0.8)	$^{31}/_8$ 6^p 9.3 (1.5)

Inklination September 1898. 36°48′+

Datum	7^a	11^a	2^p	5^p	9^p
1.	8.6 1.5	.	8.1 1.9	.. .	10.2 1.0
2.	.. .	.	7.7 2.5	..	
3.	10.3 0.7	.	11.5 0.6	..	12.7 0.3
4.	10.8 1.0	8.5 1.8	8.7 1.7	10.7 0.7	10.4 0.9
5.	10.2 1.0	..	7.8 1.3	.. .	.. .
6.	8.8 1.1	.	6.8 1.7	10.1 0.9	.. .
7.	8.9 1.2	.	6.7 2.0	9.7 1.1	10.5 1.3
8.	8.3 1.4	5.1 3.0	4.3 1.7	.. .	.. ..
9.	9.2 1.5	6.0 2.1	5.2 1.8	..	22.4! −2.6
10.	11.9! −1.6	17.7! 0.9	19.7! 0.6	20.0! 0.1	21.5! 0.8
11.	14.5! 1.2	15.4! 1.5	14.3! 1.7	15.3! 1.2	.. .
12.	12.9 2.0	..	13.1 2.1	.	12.5 0.2
13.	11.2 2.3	.	..	..	.. .
14.	11.9 1.8	10.6 2.6	11.0 2.3	13.5 1.1	.. .
15.	11.8 2.1	..	10.7 2.7	..	.
16.	10.5 2.5	..	9.6 2.4	.. .	.. ..

Digitized by Google

Datum	7^a	11^a	2^p	5^p	9^p
17.	9.5 2.0	..	8.9 3.1	.. ..	. ..
20.	.. ..	..	..	10.7 2.0	.. .
21.	10.1 2.1	. .	8.5 2.5	.. .	11.5 1.8
22.	9.2 2.0	.. .	5.7 3.0	.. .	. ..
23.	9.2 1.7	.. ..	11.2 2.3	11.4 2.5	.. .
24.	9.6 1.9	.. ..	8.3 1.8	.. ..	13.4 1.0
25.	10.2 1.7	.. ..	10.8 1.9	.. ..	.. .
26.	9.5 1.8	.. ..	10.2 2.0	.. .	11.8 1.5
27.	9.1 1.7	.. ..	8.7 2.3	.. ..	9.0 1.8
28.	10.2 1.3	.. ..	8.3 1.2	.. ..	13.7 0.4
29.	10.0 1.6	11.3 1.2	14.6 0.7	..	11.7 1.1
30.	11.0 1.1	.. ..	10.5 1.6	.. ..	.. ..
Mittel ...	10.0	8.6	9.0	11.0	11.5
Korrekt.	+0.3	+1.7	+1.3	−0.7	−1.2

Mittel **10.3 = 36°58′.3.**

Ausserdem wurde beobachtet:

$^7/_9$ 0^p 7.1 (2.0)	$^{11}/_9$ 9^a 15.3! (1.0)	$^{14}/_9$ 6^p 15.6 (1.0)
$^9/_9$ 0^p 5.1 (1.9)	10^a! 16.1 (1.3)	$^{15}/_9 10^a$! 12.3 (2.4)
3^p! 5.5 (1.8)	$^{12}/_9$ 0^p 13.0 (2.4)	$^{20}/_9$ 9^a 8.5 (2.6)
6^p 3.4! (−0.3)	6^p 13.4 (1.7)	$^{24}/_9$ 6^p 11.1 (1.0)
$^{10}/_9$ 0^p 20.2! (0.5)	$^{13}/_9 10^a$! 9.8 (2.7)	$^{27}/_9$ 6^p 11.0 (1.0)
$^{11}/_9$ 8^a 15.2! (1.2)	$^{14}/_9$ 4^p! 12.3 (1.6)	

Inklination Oktober 1898. 36°48′+

Datum	7^a	2^p	5^p	9^p
1.	10.8 1.0	9.4 1.6	11.4 1.1	.. ..
2.	10.2 1.3	8.0 2.0	10.5 1.2	12.2 1.2
3.	10.4 1.0	9.3 1.9	.. ..	10.5 1.3
4.	9.7 1.6	8.2 2.1	9.8 1.4	13.5 1.5
9.	9.8 1.1	.. ..		.. ..
10.	10.2 1.1	.. ..	.. ..	.. ..
12.	.. .	10.1 1.7	.. .	10.8 0.9
13.	8.9 1.3	.. .	9.3 1.3	10.3 0.8
14.	.. .	.. ..	11.1 0.7	11.2 0.7
15.	9.3 1.1	.. ..	.. ..	4.3 0.7
16.	9.2 0.9	8.3 1.5	.. ..	10.4 0.9

Datum	7^a	2^p	5^p	9^p
17.	10.7 0.8	10.7 1.1	.. .	.. ..
18.	9.6 0.8	9.6 1.4	.. ..	.. ..
19.	9.3 1.1	7.8 1.6	.. .	.. ..
20.	8.4 1.3	9.8 1.2	. .	12.3 −0.2
21.	9.8 0.6	9.9 1.1	.. ..	11.4 0.4
22.	9.6 0.9	10.0 1.1	.. ..	.. ..
23.	10.4 0.6	.. .	.. ..	11.6 0.4
24.	9.5 0.6	9.4 1.2	.. .	.. ..
25.	8.9 0.4	11.2 0.2	.. ..	12.5 −0.6
26.	10.8 0.2	11.0 −0.1	.. .	.. ..
27.	10.0 0.1	10.4 0.5	11.8 0.1	.. .
28.	8.5 0.4	8.7 1.1	.. ..	. ..
29.	10.0 0	. ..	.. ..	.. ..
30.	11.3 −0.3	.. ..	.. ..	.. ..
Mittel ...	9.8	9.5	10.7	10.9
Korrekt.	+0.3	+0.6	−0.6	−0.8

Mittel **10.1 = 36°58′.1.**

Ausserdem wurde beobachtet:

$^2/_{10}$ 0^p 7.2 (2.5)	$^9/_{10}$ 0^p 7.9 (2.4)	$^{26}/_{10}$ 6^p 11.4 (−0.2)
$^3/_{10}$ 6^p 8.9 (1.9)	$^{10}/_{10}$ 0^p 8.0 (2.5)	$^{27}/_{10}$ 4^p 11.8 (0.1)
$^6/_{10} 11^a$ 6.3 (2.6)	$^{13}/_{10}$ 0^p 7.3 (2.4)	6^p 11.6 (0.1)
$^7/_{10}$ 6^p 9.9 (1.0)	$^{14}/_{10} 11^a$ 9.7 (1.8)	$^{31}/_{10}$ 6^p 12.0 (0)

Inklination November 1898. 36°48′+

Datum	7^a	11^a	2^p	5^p	9^p
1.	9.9 0.4	.. ..	9.3 1.0	11.0 0.7	11.3 0.2
2.	10.2 0.4	.. ..	8.8 1.4	10.2 0.7	10.2 0.6
3.	9.9 0.4	.. .	9.4 1.1	.. .	10.3 0.5
4.	10.0 0.5	.. ..	10.2 0.7	.. ..	9.8 0.3
5.	10.5 0.3	..	.. ..	12.4 0.4	.. ..
6.	10.4 0.8	.. ..	8.5 1.1	12.6 0.8	.. ..
7.	10.0 0.5	.. ..	11.1 1.1	11.4 0.5	.. ..
8.	11.2 0.9	.. ..	10.5 1.4	9.8 0.9	.. ..
9.	11.0 0.7	7.4 1.3	13.1 1.0	12.5 0.1	. ..
10.	12.4 0.6	9.5 1.5	10.6 1.1	.. ..	.. .
11.	11.7 0.8	9.3 1.5	10.3 1.0	12.0 0.2	..

Digitized by Google

Datum	7^a	11^a	2^p	5^p	9^p
12.	9.4	6.2	8.4	..	..
	1.2	1.1	1.0	..	..
13.	9.2	..	9.4	..	..
	1.0	.	1.4	.	..
14.	10.6	4.2	8.1	9.7	..
	0.7	1.5	1.3	0.8	..
15.	9.8	6.5	11.6	13.0	..
	0.9	1.9	1.3	0.8	..
16.	12.0	3.7	6.3	9.0	..
	1.1	2.8	1.4	0.7	..
17.	9.8	6.2	9.8	9.8	..
	0.9	1.8	1.0	0.1	.
18.	9.8	8.4	10.6	13.2	..
	0.5	1.2	0.1	−0.3	. ..
19.	9.1	7.1	9.4	..	..
	0.4	1.5	0.8	..	..
20.	8.0	..	6.7	..	9.9
	1.0	.	1.3	..	0.4
21.	8.4	6.4	8.5	..	10.9
	0.9	1.1	0.9	..	−0.2
22.	..	..	13.3	..	..
	..	..	−0.8	..	..
23.	10.9	7.3	9.5	8.0	..
	0.3	0.9	0.5	0.3	..
24.	10.1	..	8.2	11.7	12.4
	0.4	..	1.0	0.7	0.3
25.	..	10.8	..	9.1	..
	.	1.4	..	0.7	..
26.	..	10.5	..	13.9	..
	..	1.1	..	0.2	..
27.	11.5	..	10.5	..	14.9
	0.8	..	0.9	..	−0.1
28.	10.0	..	8.7	9.5	..
	0.8	..	1.2	0.4	..
29.	10.0	9.6	8.3	..	10.0
	0.5	1.2	0.7	..	0.5
30.	8.8	8.5	9.2	9.6	10.1
	0.9	1.5	1.1	0.6	0.7
Mittel . .	10.2	7.4	9.6	11.0	11.0
Korrekt.	+0.1	+2.9	+0.7	−0.7	−0.7

Mittel 10.3 = 36°58′3.

Ausserdem wurde beobachtet:

$^3/_{11}$ 0^p 8.3 (1.4)	$^{13}/_{11}$ $6^{\prime\prime}$ 8.8 (0.6)	$^{25}/_{11}$ 3^p 11.7 (1.0)
$^4/_{11}$ 6^p 10.1 (0.3)	$^{19}/_{11}$ 6^p 10.0 (0.4)	$^{26}/_{11}$ 3^p 11.8 (0.7)
$^7/_{11}10^a$ 9.7 (1.3)	$^{20}/_{11}10^a$ 6.5 (2.2)	4^p 12.5 (0.3)
$^9/_{11}10^a$ 10.7 (1.5)	$^{22}/_{11}$ 8^a 9.8 (0.5)	6^p 13.3 (0.1)
$^{10}/_{11}$ 6^p 10.1 (0.5)	0^p 9.1 (1.1)	$^{28}/_{11}10^a$ 9.9 (1.3)
$^{12}/_{11}$ 6^p 6.3 (0.4)	$^{25}/_{11}$ 8^a 11.5 (0.8)	$^{29}/_{11}$ 6^p 8.6 (0.4)

Inklination Dezember 1898. 36°48′+

Datum	7^a	11^a	2^p	5^p	9^p
1.	9.4	..	8.2	8.7	9.3
	1.0	..	1.4	1.0	0.6
2.	9.0	6.3	5.6	7.1	..
	0.7	2.0	1.2	0.8	..
3.	8.4	5.4	..	8.0	..
	0.5	1.8	.	0.8	..
4.	8.0	7.1	8.3	..	9.8
	0.7	1.8	0.8	..	0.4
5.	7.9	5.4	7.1	8.1	..
	0.7	1.8	1.3	0.9	..
6.	7.4	5.9	6.3	6.6	..
	0.9	1.9	1.5	1.5	.
7.	9.5	6.7	7.9	7.9	..
	0.7	1.1	1.6	0.7	..
8.	8.6	..	..	..	..
	0.9	..	..	..	.
9.	7.8	7.5	7.8	8.7	..
	1.1	1.8	1.2	0.8	..
10.	8.1	5.8	8.4	8.5	..
	0.6	1.3	1.1	0.8	..
11.	8.6	8.4	7.9	8.8	8.7
	0.8	1.2	1.3	0.8	0.8
12.	7.1	4.7	6.0	6.8	..
	1.5	2.1	1.6	1.2	..
13.	6.7	6.1	7.1	6.6	7.7
	0.9	1.6	1.4	1.3	1.2
14.	8.0	5.2	9.6	11.1	..
	1.0	1.2	0.7	0.0	..
15.	10.0	3.7	8.5	9.3	9.9
	0.5	1.3	0.8	0.7	0.8
16.	8.9	6.7	7.5	8.5	..
	0.9	2.0	1.2	0.5	.
17.	10.2	..	8.9	10.9	10.9
	0.4		0.7	0.5	0.5
18.	8.9	7.2	5.8	7.5	..
	0.7	1.7	1.6	0.8	..
19.	8.8	7.2	7.5	8.4	10.0
	0.6	1.6	1.2	0.9	0.1
20.	9.5	5.9	..	..	9.5
	0.7	1.5	..	..	0.6
21.	9.6	8.7	10.3	10.7	11.5
	0.7	1.2	0.9	1.3	0.9
22.	11.9	6.4	11.4	10.5	..
	1.2	1.5	1.5	1.1	..
23.	9.5	9.7	8.5	9.0	10.5
	1.1	1.5	1.7	1.1	1.0
24.	9.0	8.9	11.0	10.2	..
	1.1	1.9	1.3	1.2	..
25.	8.8	7.1	7.2	11.6	9.1
	1.4	1.5	1.5	1.3	1.1
26.	..	..	9.6	..	10.0
	..	..	1.6	..	1.1
27.	9.1	−1.5	5.9	6.6	10.3
	1.3	2.5	2.1	1.6	1.0
28.	..	10.4	10.8	..	10.0
	..	2.0	1.5	..	1.1
29.	11.6	9.4	12.1	..	..
	1.1	2.1	1.7	..	..
30.	12.0	10.4	11.6	12.5	..
	1.1	2.0	1.5	1.3	..
31.	10.8	..	11.1	..	..
	1.6	..	1.8	.	..
Mittel ..	10.1	6.8	8.5	8.9	9.8
Korrekt.	−1.0	+2.3	+0.6	+0.2	−0.7

Mittel 9.1 = 36°57′1.

Ausserdem wurde beobachtet:

$^3/_{12}$ 3^p! 7.4 (1.1)	$^{11}/_{12}$ 1^p! 7.6 (1.3)	$^{21}/_{12}$ 4^p 9.4 (1.1)
$^8/_{12}$ 6^p 7.6 (0.9)	3^p! 7.7 (1.3)	$^{25}/_{12}$ 0^p 7.2 (1.5)
$^{11}/_{12}$ 8^a 8.6 (0.9)	4^p 7.3 (0.8)	$^{26}/_{12}$ 8^a 8.3 (1.1)
9^a 8.3 (1.0)	7^p 8.6 (0.9)	0^p 9.6 (2.2)
10^a 7.8 (1.1)	$^{18}/_{12}$ 0^p 3.8 1.7)	$^{28}/_{12}$ 8^a 10.4 (1.1)
0^p 8.4 (1.5)	1^p! 6.5 (1.8)	$^{31}/_{12}$ 0^p 8.8 (1.5)

Digitized by Google

Inklination Januar 1899. 36°48′+

Datum	7^a	8^a	9^a	10^a	11^a	0^p	2^p	3^p	4^p	5^p	6^p	9^p
1.	.	..	..	..	..	..	11.6	..	..	..	..	12.0
	..	.	.	.	.	.	1.8	.	.	.	.	1.3
2.	..	9.6	..	..	..	7.7	8.8	..	..	..	8.7	..
	.	1.9				2.0	1.8		..		1.5	..
3.	..	..	11.0	..	..	10.5	..	..	..	11.1	..	..
	..	.	1.6	.	..	1.4	..	..	..	1.2	.	..
4.	..	3.8	..	..	..	7.6	9.3	..	..	9.8	.	..
	..	1.4	.	..	..	1.8	1.8	.	..	1.2	..	.
5.	..	10.4	..	..	..	10.5	9.1	9.5	..	12.2	..	..
	..	1.1	..	.	.	1.9	2.0	1.7	.	1.1	.	.
6.	..	11.1	..	..	..	10.3	..	10.5	..	11.8	..	..
	..	1.3	.	.	..	1.9	..	2.1	.	1.1	..	..
7.	..	9.2	..	..	..	8.2	..	9.7	..	9.4	..	..
	..	1.2	.	.	.	2.2		1.9	.	1.5	..	..
8.	..	10.4	..	..	.	8.0	10.4	..	..	.	16.4	..
	..	1.6	..	..	.	2.3	2.3	.	.		1.7	.
9.	..	10.8	..	..	..	7.7	8.4	8.8	..	12.3	..	..
	..	1.6	.	.	..	2.1	2.3	2.1	..	1.6	..	..
10.	..	8.8	..	..	..	8.8	..	9.0	..	8.3	..	..
	.	1.6	.	..	..	2.1	.	2.2	..	1.7	..	..
11.	..	9.5	..	..	..	8.2	11.4	11.7	..	12.3	..	..
	..	1.6	.	.	.	2.6	2.1	1.9	.	1.6	..	..
12.	..	10.5	..	..	..	7.0	..	11.6	..	13.2	..	..
		1.3	.	.	..	2.2		1.7	.	1.3	..	..
13.	..	10.5	..	.	..	11.7	..	12.1	..	12.7	..	..
	.	1.6	.	..	.	1.8	.	1.7	.	1.5	..	.
14.	..	9.8	..	8.6	..	6.3	10.0	8.8	..	11.2	..	..
		1.6	.	2.2	.	2.4	2.6	2.3	..	1.8	.	..
15.	12.1	10.6	9.9	8.7	9.3	11.8	11.7	12.0	11.8	12.2	..	12.6
	1.6	1.9	2.3	2.5	2.2	1.8	1.5	1.4	1.4	1.5		1.3
16.	..	11.1	..	..	10.5	11.9	..	11.9	.	12.2	.	..
		1.3	..	..	1.8	1.8		1.1	.	1.1	.	.
17.	..	6.0	..	10.9	..	10.3	..	13.2	..	..	..	..
		1.4	.	1.6		1.7	.	1.4	.	..	.	.
18.	11.1	11.9	..	..	..	10.1	..	9.6	..	12.8	..	..
	1.5	1.7				2.1		1.9		1.3		
19.	..	13.0	..	..	12.0	11.0	..	13.7	..	12.2	..	..
	.	0.9	..	..	1.5	1.5	.	1.4		1.2	..	..
20.	..	12.4	..	.	..	..	..	12.2	..	13.4	..	..
	.	1.6	..	.		.	.	1.8	.	0.8	..	.
21.	..	13.1	..	9.8	..	10.1	9.9	..	..	11.5	..	..
	.	1.0	..	1.8		2.1	2.0	.	.	1.3	..	..
22.	12.6	..	..	..	..	..	11.3	..	..	..	13.1	..
	1.2	.	..	.	.	.	1.5		..		1.1	..
23.	..	11.4	..	..	.	8.9	12.3	..	15.0	14.7	13.9	..
		1.1	..	..	..	1.5	1.5	..	1.2	1.3	0.9	..
24.	..	13.1	..	..	..	11.3	13.7	14.2	..	12.4	..	..
	..	1.3	..	.	.	2.2	1.7	1.7	.	1.3	..	.
25.	..	12.8	..	..	..	10.7	..	11.7	..	16.6	..	13.6
	.	0.9	.	..	..	2.0	..	1.8	..	1.6	..	1.3
26.	14.2	14.0	..	..	..	14.0	14.9	14.8	..	14.0	..	13.9
	0.9	1.2	.	..	..	1.8	1.5	1.6	..	1.2	..	1.2
27.	13.5	12.3	..	11.9	..	12.4	12.6	..	..	..	..	..
	1.2	1.4	.	1.9	.	2.2	1.8	.	..	.	..	..
28.	..	12.8	..	..	11.3	9.2	..	13.4	..	13.3	..	14.4
	..	1.6	..	.	2.8	2.7	..	1.7	..	1.4	..	0.9
29.	..	..	15 9	15.2	13.8	12.6	15.8	..	..	..	..	14.9
	..	.	1.0	1.1	1.4	1.2	0.3	.	..		.	0.6
30.	14.7	15.0	..	13.8	..	12.2	14.5	14.0	..	14.9	..	14.8
	0.7	0.6	..	1.3	.	1.5	1.4	1.3	..	0.7	.	0.5
31.	13.3	13.0	..	10.9	..	..	11.6	11.4	..	13.4	..	15.3
	1.1	1.1		1.9			1.9	1.8	..	0.8	.	0.7
Mittel ...	13.1	11.2	(12.3)	11.2	11.4	10.0	11.5	11.6	13.4	12.4	13.0	13.9
Korrekt..	−0.5	+1.4	(+0.3)	+1.4	+1.2	+2.6	+1.1	+1.0	+0.6	+0.2	−0.4	−1.3

Mittel **12.6 = 37° 0′6.**

Digitized by Google

Inklination Februar 1899. 36°48′+

Datum	7^a	8^a	10^a	11^a	0^p	2^p	3^p	5^p	6^p	9^p
1.	13.5	12.9	11.5	..	11.3	13.2	12.0	12.5	..	14.2
	1.0	1.0	1.7		2.0	1.8	1.3	0.5		0.9
2.	12.8	12.6	..	11.2	12.8	13.5	13.2	..	14.0	14.8
	1 3	1.3	..	2.0	2.3	1.9	1.6		1.0	0.8
3.	14.5	13.3	..	..	9.0	11.8	8.5	10.6	..	13.0
	0.9	0.8	..	..	1.1	2.0	1.7	1.1	..	0.9
4.	12.4	12.7	..	..	10.7	..	11.0	12.1	..	..
	1.0	1.1	.	..	1.9	..	1.4	1.0		.
5.	11.9	..	11.2	..	10.6	10.3	..	..	..	..
	1.0	.	1.5		2.0	1.9	.	..	..	.
6.	..	10.2	10.3	..	9.3	9.9	..	10.3	..	..
	.	1.3	1.8	.	2.4	2.0	.	1.2	..	..
7.	..	10.4	9.7	..	9.9	10.5	..	10.4	..	11.0
	.	1.1	1.7	..	2.3	2.6	..	1.7	.	1.3
8.	12.3	..	8.2	..	10.3	13.2	..	..	12.6	..
	1.1	.	1.3	..	1.9	1.8	..	.	1.2	.
9.	..	12.9	..	..	7.1	..	12.4	..	12.8	..
	..	1.4	..	..	1.9	..	1.7	..	1.1	..
10.	..	11.2	11.3	.	12.9	..	10.6	12.6	..	..
	..	1.5	2.0	..	2.3	..	2.0	1.4	.	..
11.	..	10.8	11.3	..	9.1	..	8.3	..	12.9	..
	..	1.4	1.9	..	2.1	..	2.4	..	1.4	.
12.	..	16.1	..	..	16.4	..	..	..	..	12.2
	.	0.5	.	..	0.0	..	.	..	..	1.0
13.	..	14.8	..	16.4	15.4	..	16.4	..	16.4	..
	..	0.1	..	2.0	1.1	..	1.8	..	0.2	..
14.	..	14.1	..	15.6	12.9	..	11.0	13.4	..	..
	.	0.7	..	1.5	1.4	..	1.3	0.6	.	..
15.	..	14.2	14.1	..	13.1	..	14.8	14.9	..	..
	..	0.5	0.9	..	1.3	.	0.9	0.7	..	..
16.	13.6	14.8	13.0	.	10.9	..	14.4	14.2	..	..
	0.9	0.9	1.5	.	2.0	..	1.6	0.5	..	.
17.	..	13.4	11.4	..	10.7	..	12.6	14.0	..	..
	..	0.8	1.3	..	1.9	..	1.4	0.7	..	.
18.	14.1	14.8	12.9	.	12.0	..	14.1	..	..	14.4
	0.7	0.8	1.3	..	1.8	.	1.5	.	..	0.8
19.	..	..	11.0	..	10.8	15.5	..	..	16.0	14.3
	.	.	1.9	.	2.6	2.2	..	..	1.0	0.8
20.	..	13.0	9.5	..	.	12.3	..	15.0	..	..
	.	1.0	1.5	..	..	2.1	..	0.8	..	..
21.	..	13.8	14.6	..	13.0	..	12.3	13.1	..	15.3
	..	0.8	1.2	..	1.6	..	1.2	0.8	.	0.6
22.	..	13.4	15.6	..	12.5	..	10.7	13.7	..	14.5
	..	1.0	1.7	..	1.8	..	1.0	0.9	..	0.8
23.	..	12.3	11.6	..	11.6	..	10.9	.	..	18.2
	..	1.1	1.9	.	2.3	.	1.5	.	..	1.2
24.	14.3	15.5	15.4	..	15.1	..	14.4	16.2	..	15.7
	0.7	0.6	0.5	..	1.1	..	0.5	0.2	..	0.6
25.	.	16.0	..	13.4	12.7	..	14.5	15.7	..	.
	.	0.6	..	1.3	1.0	.	0.9	0.3	..	..
26.	..	14.0	10.3	..	12.6	..	..	..	..	15.7
	..	0.7	1.0	..	1.6	..	..	..	..	1.0
27.	..	14.3	12.6	.	11.0	..	14.1	17.0	..	16.0
	..	0.8	1.5	.	1.8	..	0.9	1.0	.	1.1
28.	14.2	14.5	12.1	11.7	12.3	15.0	..	14.8	..	16.0
	1.0	0.9	1.6	2.2	2.0	1.2	..	0.5	..	0.6
Mittel ...	13.4	13.4	11.9	(13.2)	11.7	12.5	12.4	13.6	14.1	14.7
Korrekt..	0	0	+1.5	(+0.2)	+1.7	+0.9	+1.0	−0.2	−0.7	−1.3

Mittel **13.4 = 37° 1′4.**

Digitized by Google

Inklination März 1899. 36°48′+

Datum	7^a	8^a	9^a	10^a	11^a	0^p	2^p	3^p	5^p	6^p	9^p
1.	..	14.5	..	12.8	..	13.3	..	12.8	15.1	..	15.3
	.	0.6	..	1.3	..	1.8	.	1.1	0.8	.	0.6
2.	14.9	14.9	..	12.3	..	12.0	..	12.0	11.1	..	..
	0.7	0.9	.	1.6	..	2.0	..	1.6	1.1	..	..
3.	..	11.8	..	12.5	10.4	10.4	..	12.4	11.8	..	11.0
	.	1.5	..	1.8	2.3	2.5	..	1.4	0.7	..	0.4
4.	13.7	12.6	..	12.7	..	10.9	..	13.9	..	15.3	14.3
	0.8	0.9	..	1.5	..	1.9	..	1.3	.	0.9	0.5
5.	13.5	13.0	12.4	11.8	..	..	11.6	..	..	..	..
	0.9	1.1	1.4	1.6	..	..	2.1	..	..	..	..
6.	..	10.6	..	..	9.1	8.3	11.3	11.4	13.8	..	14.6
	.	1.3	.		2.3	2.4	1.6	1 .5	0.6	.	0.9
7.	13.3	13.5	..	11.2	..	..	9.9	..	15.5	..	20.3
	0 9	1.2	.	1.6	..	.	1.3	..	1.0	.	0.5
8.	..	16.2	..	14.5	.	13.0	..	14.2	15.7	..	14.6
		0.7	.	1.6	..	2.0	..	1.3	1.1	..	1.1
9.	..	17.1	..	15.1	..	..	..	..	..	..	..
	..	1.0	..	1.9	..	..	..	..	..	..	..
Mittel ...	13.9	13.8	12.4	13.0	(9.8)	11.3	10.9	12.8	13.8	15.3	15.0
Korrekt.	−0.2	−0.1	+0.3	+0.7	(+3.9)	+2.4	+2.8	+0.9	−0.1	−1.6	−1.3

Mittel **13.7 = 36°1′7.**

Tab. XIII. **Korrektionen der Inklination auf Tagesmittel.**

	7^a	8^a	9^a	10^a	11^a	0^p	1^p	2^p	3^p	4^p	5^p	6^p	7^p	8^p	9^p
Januar .	−0.5	+1.4	+1.4	+1.4	+1.2	+2.6	+1.8	+1.1	+1.0	+0.6	+0.2	−0.4	−0.7	−1.0	−1.3
Februar	0	0	+0.7	+1.5	+1.6	+1.7	+1.3	+0.9	+1.0	+0.4	−0.2	−0.7	−0.9	−1.1	−1.3
März ...	−0.2	−0.1	+0.3	+0.7	+1.6	+2.4	+2.6	+2.8	+0.9	+0.4	−0.1	−1.6	−1.5	−1.4	−1.3
April ..	+0.7	+0.8	+1.7	+1.2	+1.6	+2.0	+1.4	+0.8	0	−0.6	−1.4	−2.3	−2.0	−1.6	−1.2
Mai	+1.6	+1.6	+2.8	+1.6	+1.5	+1.7	+0.2	−1.3	−0.8	−1.7	−2.7	−3.1	−2.4	−1.7	−1.0
Juni ...	+2.1	+2.0	+1.8	+1.7	+1.5	+0.7	−0.2	−0.6	−0.9	−1.1	−2.4	−1.8	−1.8	−1.8	−1.5
Juli	+0.8	+1.0	+1.2	+1.4	+1.7	+2.0	+0.9	−0.3	−1.1	−1.9	−1.2	−1.0	−1.0	−0.9	−0.9
August .	+0.8	+1.0	+1.2	+1.4	+1.5	+1.2	+0.8	+0.4	−0.6	−1.6	−1.2	−0.5	−0.6	−0.7	−0.9
Sept....	+0.3	+1.0	+1.8	+1.8	+1.7	+1.9	+1.6	+1.3	+0.7	0	−0.7	−2.5	−2.1	−1.7	−1.2
Oktober	+0.3	+0.7	+1.2	+1.7	+2.1	+2.5	+1.6	+0.6	−0.6	−1.7	−0.6	−0.7	−0.7	−0.8	−0.8
Nov. ...	+0.1	−0.3	+0.4	+1.0	+2.9	+1.6	+1.1	+0.7	−1.4	−2.2	−0.7	+0.7	+0.3	−0.2	−0.7
Dez. ...	−1.0	−0.1	+0.8	+1.3	+2.3	+1.5	+1.1	+0.6	+0.7	+0.7	+0.2	+0.3	+0.5	−0.1	−0.7
Sommer	−0.2	+0.3	+0.8	+1.3	+2.0	+2.0	+1.6	+1.1	+0.3	−0.3	−0.2	−0.4	−0.5	−0.8	−1.0
Winter .	+1.1	+1.2	+1.8	+1.7	+1.6	+1.6	+0.8	0	−0.5	−1.1	−1.6	−1.9	−1.6	−1.4	−1.1
Jahr ...	+0.4	+0.7	+1.3	+1.5	+1.8	+1.8	+1.2	+0.6	−0.1	−0.7	−0.9	−1.1	−1.0	−1.1	−1.1

Diskussion der Resultate.

Die nach der vorstehenden Korrektions-Tabelle gezeichneten Gangkurven für die einzelnen Monate zeigen wieder grosse Unregelmässigkeiten, wie leicht begreiflich. Hängt ja doch das Resultat von den Ablesungen dreier Instrumente ab, wobei noch die Ablesungsfehler am Deklinations- und Inklinations-Apparat in das Resultat vervierfacht eingehen, wie aus der Formel zu erkennen. Ueber die Unsicherheit der Konstanten dieser Formel selbst endlich ist bereits oben (S. 6 geredet worden. Immerhin zeigen die in der Tafel wiedergegebenen Gangkurven für das Jahr und die beiden Halbjahre leidliche Regelmässigkeit. Sie stimmen im allgemeinen mit den für Batavia*) 1897 gefundenen Kurven überein, während Mauritius**) auch hier, wie bei der Horizontal-Intensität, viel kleinere Variationen als die beiden anderen Stationen aufweist. Das

*) *l. c.* S. 207. **) *l. c.* S. 45 und S. 65.

Digitized by Google

Minimum der südlichen Inklination, das im Jahresmittel zwischen 11^a und Mittag liegt, verspätet sich im Sommer und verfrüht sich im Winter. Diese zeitliche Verschiebung ist in Batavia gering, auf den beiden andern Stationen stark ausgeprägt; allerdings zeigt Mauritius im Winter ein zweites Minimum um 1^p, eine Erscheinung, der sich die Daressalamer-Kurve durch die geringe Aenderung von 9^a bis Mittag nähert. Auf allen drei Stationen ist durch diese Verschiebung die Inklination um 7^a im Sommer grösser als im Winter, obwohl das Sommer-Minimum überall kräftiger ausgeprägt ist als das des Winters.

Auch das Maximum, welches im Jahresmittel um 9^p eintritt, erscheint im Winter früher; in Daressalam ist diese Verfrühung wiederum sehr deutlich ausgeprägt, sie geht bis 6^p, während in Batavia sie so weit nur im August und im Juni bis 7^p geht; in Mauritius ist sie nicht wahrzunehmen.

In den über Mauritius veröffentlichten Tabellen sind die Variationen der Inklinationen nicht angegeben; sie wurden deshalb aus den dort sich findenden mittleren Variationen der Vertikal-Intensität für die Periode 1884—1890 und der Horizontal-Intensität 1883—1890 für jeden Monat berechnet, worauf die Mittel für Sommer, Winter und Jahr gebildet wurden. An grossen Schwankungen der Inklination finden sich in den Tabellen die folgenden:

Tab. XIV. **Schwankungen der Inklination von mehr als 7′ in 24 Stunden.**

Datum	Tageszeit	Inklination	Schwankung
28. 5. 98	7^a	36°39′7	+ 7.1
	3^p	46.8	
5. 6. 98	8^a	38.1	+ 9.7
	2^p	47.8	
6. 6. 98	8^a	38.7	− 9.1
7. 6. 98	5^p	42.1	− 7.2
8. 6. 98	7^a	34.9	
16. 8. 98	2^p	44.3	+ 8.9
	9^p	53.2	
9. 9. 98	6^p	43.4	+19.0
	9^p	62.4	−10.5
10. 9. 98	7^a	51.9	+ 9.6
	9^p	61.5	− 7.2
11. 9. 98	2^p	54.3	
15. 11. 98	5^p	36°53′0	− 9.3
16. 11. 98	11^a	43.7	
14. 12. 98	5^p	51.1	− 7.4
15. 12. 98	11^a	43.7	
17. 12. 98	9^p	50.9	− 7.1
18. 12. 98	0^p	43.8	
26. 12. 98	9^p	50.0	−11.5
27. 12. 98	11^a	38.5	+11.9
28. 12. 98	8^a	50.4	
8. 1. 99	0^p	48.0	+ 8.4
	9^p	56.4	− 8.7
9. 1. 99	0^p	47.7	
17. 1. 99	8^a	46.0	+ 7.2
	3^p	53.2	
11. 2. 99	3^p	36°48′3	+ 8.1
12. 2. 99	0^p	56.4	
23. 2. 99	3^p	50.9	+ 7.3
	9^p	58.2	
7. 3. 99	2^p	49.9	+10.4
	9^p	60.3	− 7.3
8. 3. 99	0^p	53.0	

Die Daten treffen meistens mit denjenigen der grossen Schwankungen der Deklination, einige auch mit solchen der Horizontal-Intensität, zusammen. Am 16. 8., 9. 9. und 10. 9. sind auch in Potsdam Störungen konstatirt worden (*l. c.*). Zu der grossen Variation von 19′ am Abend des 9. 9. 98 ist zu bemerken, dass dieser Werth, da er mit Benutzung der grössten Ablesung am Intensitäts-Apparat berechnet ist, während dessen Nadel thatsächlich aus der Skale herausging, eine obere Grenze der Schwankung zwischen 6^p und 9^p darstellt, während alle andern angegebenen Werthe untere Grenzen für die Tagesschwankung bilden. Immerhin darf am 9. 9. 98 auch in der Inklination eine starke Schwankung angenommen werden, besonders da auch vom 10. 9. auf 11. 9. noch solche stattfanden, für welche die Tabelle den Mindestbetrag angiebt.

Aus den als Monatsmittel angegebenen Werthen erhellt, dass bis zum Juni 1898 eine nur geringe Aenderung der Inklination eingetreten ist, während sie von da an wächst, und zwar findet man für das Jahr einen Betrag von +8′0, wenn man den linearen Gang nach der Methode der kleinsten Quadrate aufsucht, dem sich die Mittelwerthe vom Juni 1898 bis März 1899 am besten anschliessen. In Batavia ist die Inklination im Wachsen, sie hat vom Januar 1886 bis Januar 1896 jährlich um 6′8, vom Januar 1896 bis Dezember 1897 um jährlich 8′3 zugenommen. In Mauritius erreichte sie 1882 ein Maximum und nimmt seitdem beschleunigt ab, 1896 auf 1897 um 4′7.

Digitized by Google

B. Absolute Bestimmungen der Inklination.

Tab. XV. **Absolute Bestimmungen der Inklination.**

Beobachtungsort	Südliche Breite	Oestliche Länge	Beobachter	Datum	Tageszeit	Beobachtete Inklination	Reduz. auf Tagesmittel
Ras Jimbo	4° 41′	39° 13′	Dr. Maurer	25. 6. 97	5h 13m p. m.	33° 27.0	33° 25.3
Tanga	5 4.5	39 6.5	Ober-Stm. Kegler	1893.7	—	—	33 36
»	5 4.5	39 6.5	Dr. Maurer	9. 2. 96	7 45 a. m.	34 2.4	33 56.0
»	5 4.5	39 6.5	»	9. 2. 96	6 00 p. m.	33 49.8	
»	5 4.5	39 6.5	»	31. 5. 96	6 10 p. m.	33 55.2	33 53.4
Pangani	5 26	39 0	»	7. 2. 96	7 50 a. m.	34 37.8	34 38.0
»	5 26	39 0	»	30. 5. 96	6 00 p. m.	34 40.8	34 38.9
Sansibar	6 10	39 11	Kersten	6.-8. 3. 63	—	—	34 45.1
»	6 10	39 11	»	25. 2. 65	10 00 a. m.	35 0.7	
»	6 10	39 11	»	24. 2. 65	1 00 p. m.	35 5.2	35 0.0
»	6 10	39 11	»	3. 3. 65	0 00 p, m.	34 49.2	
»	6 10	39 11	Ober-Stm. Kegler	1893.7	—	—	35 48
Bagamoyo	6 26	38 52.5	Dr. Maurer	10. 11. 96	11 10 a. m.	36 12.0	36 14.0
»	6 26	38 52.5	»	22. 12. 96	5 50 p. m.	36 11.9	36 11.5
»	6 26	38 52.5	»	23. 12. 97	8 53 a. m.	36 11.9	36 12.6
Daressalam	6 49	39 19	»	26. 6. 96	4 52 p. m.	36 53.1	36 51.6
»	6 49	39 19	»	2. 8. 96	9 30 a. m.	36 49.5	36 51.3
In der Moschee	6 49	39 19	»	28. 8. 96	10 10 a. m.	36 51.6	36 53.3
» » »	6 49	39 19	»	20. 10. 96	5 03 p. m.	36 46.8	36 46.6
» » »	6 49	39 19	»	21. 11. 96	4 15 p. m.	36 52.8	36 52.5
» » »	6 49	39 19	»	18. 12. 96	4 57 p. m.	36 49.8	36 49.6
» » »	6 49	39 19	»	16. 2. 97	11 40 a. m.	36 47.8	36 49.8
Platz d. magn. Pavill.	6 49	39 19	»	24. 11. 97	4 45 p. m.	36 57.0	36 56.8
» » »	6 49	39 19	»	7. 5. 98	5 26 p. m.	36 53.5	36 51.8
» » »	6 49	39 19	»	4. 6. 98	5 19 p. m.	36 51.5	36 49.8
Simba Uranga	7 46.5	39 21.5	»	8. 3. 96	5 16 p. m.	38 39.0	38 38.8
Kilwa Kivindje	8 44.5	39 24.9	»	6. 3. 96	5 50 p. m.	40 24.6	40 24.2
Lindi	10 0	39 43.7	Ober-Stm. Scheibe	4. 11. 94	5 48 p. m.	41 54.0	
»	10 0	39 43.7	Lt. z. S. Meurer	10. 11. 94	10 10 a. m.	42 3.0	42 5.7
»	10 0	39 43.7	Lt. z. S. Hahn	10. 11. 94	9 30 a. m.	42 18.0	
»	10 0	39 43.7	Dr. Maurer	29. 2. 96	6 35 a. m.	42 23.4	42 23.0
Mikindani	10 17.2	40 8.1	»	1. 3. 96	6 00 p. m.	42 56.5	42 56.1

Beobachter Dr. Maurer.

Beobachtungsort	Südliche Breite	Oestliche Länge	Seehöhe	Datum	Tageszeit	Beobachtete Inklination	Reduz. auf Tagesmittel
Mlima (Magamba-Berge)	4° 43′	38° 14′	1910 m	11. 6. 97	3h 28m p. m.	33° 34.9	33° 34.1
Kwai (West-Usambara)	4 45	38 18	1610 »	10. 6. 97	5 21 p. m.	33 28.8	33 27.1
Muhafa »	4 55	38 19	1360 »	7. 6. 97	5 45 p. m.	33 49.2	33 47.4
Sakarreberg »	4 59.5	38 22	1350 »	5. 6. 97	5 30 p. m.	33 27.0	33 25.3
Am Luëngerafluss	5 1	38 31	250 »	3. 6. 97	11 53 a. m.	33 16.0	33 17.6
Mgambo Berg (Ost-Usambara)	5 3	38 37	1270 »	2. 6. 97	10 03 a. m.	34 16.8	34 18.5
Heruë (Ost-Usambara)	5 7.5	38 28	900 »	28. 5. 97	4 20 p. m.	33 41.6	33 40.3
Ngulu ja yu »	5 8	38 41	740 »	27. 5. 97	5 19 p. m.	33 34.8	33 33.1
Korogwe	5 9	38 26	220 »	17. 6. 97	5 50 p. m.	33 47.6	33 45.7
Lewa (Bondeï)	5 19	38 46	200 »	21. 6. 97	4 44 p. m.	34 2.6	34 1.1
Kiwansi (Udoë)	6 20	38 37	200 »	23. 1. 98	6 00 p. m.	35 55.0	35 54.6

Ueber die Säkular-Aenderungen der Inklination lässt sich wenig nach der vorausgehenden Tabelle aussagen. Dass die Inklination in dem Gebiet im Wachsen ist, ist sicher; während aber Tanga und Lindi von 1893 bis 1896 eine beträchtliche Zunahme bemerken lassen, ist diese in Daressalam und Bagamoyo von 1896 auf 1897 nur sehr gering gewesen. Die einzige Station, für welche einige Beobachtungen aus älterer Zeit vorliegen, ist Sansibar, wo von 1863 bis 1893 die Inklination um jährlich 2′.1 gewachsen ist. Eine Reduktion auf 1900.0 hat deshalb nicht stattgefunden; indessen sind die Beobachtungen, welche in den

Digitized by Google

Zeitraum vom 29. 2. 96 bis 21. 6. 97 fallen und fast alle Stationen umfassen, wohl mit einander vergleichbar. Während an der Küste auch bei diesem Element sich ein regelmässiger Verlauf zeigt — die Inklination wächst auf etwa 35′ Breitenzunahme um 1° — lassen sich im Usambaragebirg erhebliche Störungen konstatiren. Am auffallendsten ist der Sprung um 1° zwischen den benachbarten Stationen am Luëngera und auf dem Mgambo-Berg.

Schluss.

Zum Schluss möge noch eine Tabelle Platz finden, welche für die Zeit, aus der reichlicheres Beobachtungs-Material vorliegt, nämlich Juni 1898 bis Februar 1899, die Mittelwerthe der drei Elemente und die daraus sich ergebenden Werthe der Total-Intensität und der vertikalen Komponente giebt.

Tab. XVI.

	Westliche Deklination	Südliche Inklination	Intensität in *cgs*-Einheiten Total	Horizontal	Vertikal
1898 Juni	8° 20′.90	36° 53′.1	0.36243	0.28988	0.21753
1898 Juli	19.56	56.2	278	997	800
1898 August	18.09	56.8	254	974	791
1898 September	17.91	58.3	270	974	811
1898 Oktober	17.69	58.1	249	962	800
1898 November	16.78	58.3	217	931	779
1898 Dezember	15.94	57.1	224	948	776
1899 Januar	14.76	37 0.6	269	962	832
1899 Februar	13.52	1.4	263	952	835

Der Zeitraum der Beobachtungen ist zu kurz, um aus ihm brauchbare Werthe der Säkular-Variationen zu bestimmen. Nimmt man für 1900.0 die früher ermittelten Werthe $\delta = 8° 3′.99$ W, $H = 0.28934$ an und setzt $J = 37° 8′.7$ S, so erhält man für 1900.0 für die Total-Intensität 0.36298 und für ihre Komponenten in den Richtungen

des astronomischen Meridians 0.28648
des Breitenkreises 0.04060
und des Lothes ..... 0.21918.

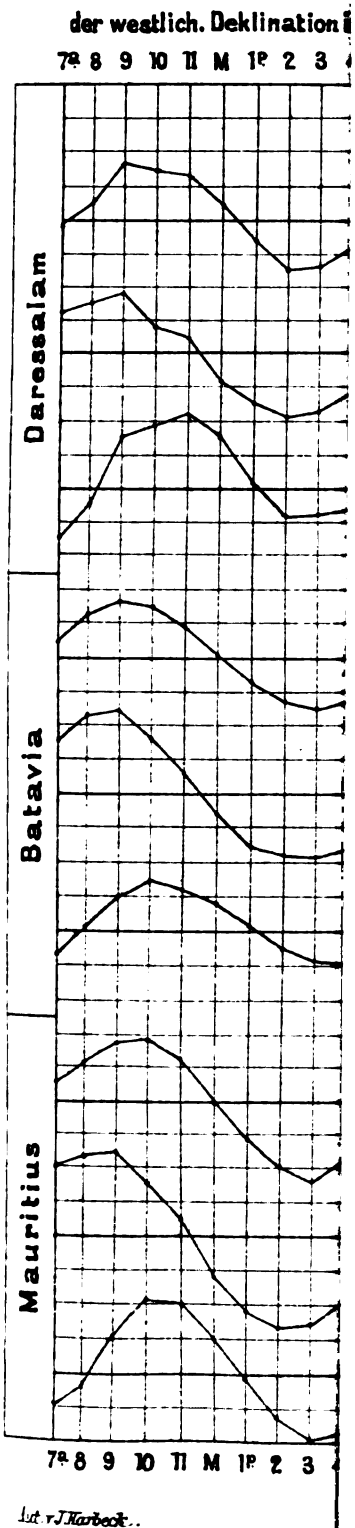
Die Arbeit, welche einen Anfang für die Untersuchung der erdmagnetischen Verhältnisse des deutsch-ostafrikanischen Schutzgebietes bildet, soll nicht geschlossen werden, ohne dem Wunsch Ausdruck zu geben, dass es sich bald verwirklichen lassen möge, diese Untersuchungen mit Registrir-Apparaten in Daressalam fortzuführen, um so zu besser fundirten und reichlicheren Resultaten zu gelangen, als es mit Einzelablesungen möglich war. Von besonderem Interesse wird die Frage sein, ob der hohe Werth der Säkular-Aenderung der Deklination, den die letzten drei Jahre für das Gebiet gezeigt haben, weiter bestehen bleibt, und ob sich die mannigfachen Differenzen mit den Erscheinungen auf der benachbarten erdmagnetischen Station in Mauritius für die Folge in derselben Grösse erhalten werden.

Digitized by Google

Berichtigungen.

Seite	8	rechts,	Zeile	12	von	unten	lies	...	20.80	statt	22.80
»	14	»	»	10	»	oben	»		9^a und 2^p	»	8^a und 3^p
»	14	»	»	11	»	»	»		7:1	»	6:8

Digitized by Google



TE.

Ozeans

Digitized by Google

Digitized by Google

AUS DEM
ARCHIV DER DEUTSCHEN SEEWARTE.
XXII. Jahrgang 1899.
Herausgegeben von der Direktion der Seewarte.

No. 4.

Die Oberflächen-Strömungen des nordatlantischen Ozeans nördlich von 50° N-Br.

Von

Georg Wegemann.

Hierzu 4 Karten.

HAMBURG, 1899.

Gedruckt bei Hammerich & Lesser in Altona.

Digitized by Google

Inhalt.

Einleitung. Seite

Historischer Ueberblick über die Erforschung des nordatlantischen Ozeans nördlich von 40° N-Br. 1

Die Strömungen der Oberfläche.

A. Windfläche 3

1. Luftdruck 3

2. Wind, nach den barischen Windformeln; aus den Beziehungen zwischen Gradient und Windstärke auf Grund der Wetterkarten der Deutschen Seewarte 5

3. Windströmungen 11

4. Windfläche, die Mohnsche Theorie 13

B. Dichtigkeitsfläche, Ausführung für die Irmingersee 16

C. Stromfläche und Strömungen der Oberfläche 18

Stromfläche der Irmingersee 19

Oberflächenströmungen des nordatlantischen Ozeans nördlich von 40° N-Br. 20

Rückblick und Ergebnisse.

Kritik der Windfläche 22

Methode der Kraftparallelogramme zur Bestimmung der Oberflächenströmung 23

Kritik der Dichtigkeitsfläche 24

Analysirendes Verfahren zur Bestimmung der Ursachen der Meeresströmungen 25

Text zu den Karten 27

Digitized by Google

No. 4.

Die Oberflächen-Strömungen des nordatlantischen Ozeans nördlich von 50° N-Br.

Von **Georg Wegemann.**

Einleitung.

Unsere Kenntniss[1]) der physikalischen Verhältnisse des nordatlantischen Ozeans war bis in die Mitte dieses Jahrhunderts eine mangelhafte und kann auch heute noch keineswegs als befriedigend bezeichnet werden. Nicht etwa, dass man erst sehr spät angefangen hat, diesen Meerestheil zu befahren; hat doch schon eine der ersten Amerikafahrten[2]) ihren Weg durch das zu betrachtende Gebiet genommen, nämlich die des John und Sebastian Cabot von England aus, welche im Jahre 1497 die Küste von Labrador 47° N-Br entdeckten und dann mit der „kalten" Küstenströmung bis etwa 38° N-Br gelangten. Schon ihr Ziel war die Auffindung der nordöstlichen Durchfahrt, eine Aufgabe, welche auch fernerhin viele Entdeckungsfahrten in diese Gegend ins Leben gerufen hat, deren Lösung jedoch unserem Jahrhundert vorbehalten blieb. Aus der Folgezeit verdienen besonders die Fahrten Frobishers[3]) nach Labrador 1576—78 in der Geschichte der Erforschung des nordatlantischen Ozeans Erwähnung, insofern, als er zuerst zahlreiche Beobachtungen über Geschwindigkeit und Eisverhältnisse im Labradorstrome anstellte, hauptsächlich aber, weil er den entlegenen nordöstlichen Zweig des Floridastromes (Golfstrom) nachwies und die Vermuthung aussprach, dass derselbe sich der norwegischen Küste entlang fortsetze.

Erst[4]) hundert Jahre später (1673) wurde die Aufmerksamkeit auf die fremdartigen Treibprodukte gelenkt, welche man an den Küsten Schottlands, Irlands und der Färöer fand, und deren westindische Abkunft durch Sloane unzweifelhaft nachgewiesen wurde (1696). Als dann abermals hundert Jahre später (1772) Pennant[5]) seine Beobachtungen über Molukkabohnen, welche an der irischen Küste angetrieben waren, veröffentlichte, war es vor allem Strickland, der am entschiedensten dafür eintrat, dass die nordöstlichen Ausläufer des Floridastromes sich bis Europa erstrecken müssten. Jene Treibprodukte mögen damals wohl den Gedanken angeregt haben, einmal die Stromrichtung durch gekennzeichnete Treibkörper zu bestimmen, etwa durch Flaschen, ein Verfahren, welches seitdem — vermuthlich zuerst von dem englischen Schiff „Rainbow"[6]) (1802) ausgeführt — allgemeine Anwendung gefunden hat und ein wichtiges Hülfsmittel zur Erforschung von Stromrichtung und Stärke geworden ist. Das Problem, diese nordatlantische Ostströmung auch in den arktischen Gebieten nachzuweisen sowie ihre Bedeutung für das Klima Europas, hat seit den dreissiger Jahren unseres Jahrhunderts eine umfangreiche Litteratur zur Folge gehabt.

Für unsere Zwecke jedoch sind erst die Beobachtungen seit der Mitte des Jahrhunderts von Bedeutung, wo man anfing, mit zuverlässigen Instrumenten zu arbeiten, als die Seemächte Europas und Amerikas begannen, durch eigene Institute eine systematische Erforschung aller Meere ins Werk zu setzen und die gewonnenen Resultate praktisch zu verwerthen. Ihrer Thätigkeit ist in erster Linie der ungemeine Aufschwung in der Kenntniss aller Meere, besonders aber des nordatlantischen Ozeans zuzuschreiben. Auch mögen die Verdienste der Deutschen Seewarte hier hervorgehoben werden. Beobachtungen[7]) über die Verhältnisse des Streifens zwischen 40—55° N-Br verdanken wir besonders den grossen Tiefsee-Expeditionen des „Challenger"[8]) (1874—77), der „Gazelle"[9]) (1874—76), des „National"[10]) und der „Valdivia"[11]), sowie zahlreiche Lothungen[12]) und einige Temperaturserien den Kabeldampfern und Schiffen der Handels-

[1]) Annalen der Hydrogr. 1880. VIII. 173. [2]) Kohl: Geschichte des Golfstromes. S. 31. [3]) Kohl: a. a. O. S. 57.
[4]) Petermann's Mittheilungen. Ergänzungsbd. 1860, S. 18 u. 19. Zeitschr. für allgemeine Erdkunde. III. 1854. S. 409.
[5]) Kohl: a. a. O. S. 119. [6]) Kohl: a. a. O. S. 121. [7]) D. Seewarte: Segelhandbuch des atlant. Ozeans. S. 7.
[8]) Challenger Reports. [9]) Forschungsreise S. M. S. „Gazelle". [10]) Ergebnisse der Plankton-Expedition.
[11]) Annalen der Hydrogr. etc. 1898. [12]) List of oceanic deapths and serial temperature observations. London.

Digitized by Google

marine.[13]) Der Meeresraum nördlich von Newfoundland zwischen Labrador und West-Grönland ist wenig von wissenschaftlichen Expeditioneu besucht worden; ihr Hauptziel war meistens die Suche nach der nordöstlichen Durchfahrt oder Erforschung der Polargegenden. Wichtig für die Kenntniss der Tiefenverhältnisse der Davisstrasse und Baffinsbay sind die Reisen des „Arctic“[14]) (1873), „Alert“ und „Discovery“ (1875), „Valorous“[15]) und „Gulnare“ (1880). Das Gebiet um Grossbritannien bis zu den Färöern im Norden und entlang der Westküste Europas ist hauptsächlich das Arbeitsfeld der englischen Marine. Durch die Expeditionen des „Buldog“ (1860 und 69—70), „Porcupine“[16]) (1869), „Lightning“ (1868), „Valorous“ (1875) bis West-Grönland, „Knight Errant“[17]) (1880), „Triton“[18]) (1882), „Research“[19]) u. a. m. sind wir über die Verhältnisse zwischen Irland und den Färöern hinreichend unterrichtet. In den Meerestheil längs der südlichen Westküste Europas fallen die ersten und letzten Beobachtungs-Stationen des „Challenger“ (1872 und 76), der „Gazelle“ (1874 und 76), der deutschen Plankton-Expedition (1889) sowie zahlreicher Schiffe der englischen, deutschen und niederländischen Kriegs- und Handelsmarine. Für den Golf von Biscaya[20]) verdienen die Beobachtungen durch den „Firebrand“ (1859), den „Travailleur“ (1880—1882) und den „Caudan“ Erwähnung. Um die Erforschung des Raumes südlich von Island und östlich von Grönland haben sich die Dänen besondere Verdienste erworben. Mit Recht hat Nordenskjöld[21]) jenen Meerestheil „Irminger See“[22]) genannt und den Hauptstrom desselben an der isländischen Küste „Irminger Strom“ nach dem dänischen Admiral, welcher seit 1853 unablässig dort die Stromverhältnisse studirt und das Strombild verbessert hat. Die Tiefsee-Forschungen der „Fylla“[23]) (1878) und des „Ingolf“ (1879) sowie zahlreiche Beobachtungen dänischer Kriegs- und Handelsschiffe[24]), besonders von Walfischfängern, haben das Material ergänzt. Wohl die besten und reichhaltigsten Beobachtungen verdanken wir der dänischen Ingolf-Expedition[25]) (1895—96).

Auch die beiden deutschen Expeditionen, die sogenannten Plankton-Expeditionen[26]) des „National“ (1889) und der „Valdivia“ (1899) haben wichtige Beiträge zur Physik jenes Theiles des nordatlantischen Ozeans geliefert, indem der Ozeanograph der ersteren, Professor Krümmel, sogar eine Aenderung des bisherigen Strombildes der „Irminger See“ zu konstatiren in der Lage war, die, wie im folgenden gezeigt werden wird, sich als zutreffend erwiesen hat; denn meine Aufgabe wird es sein, theoretisch diese Strömungen der Irminger-See und ihren Zusammenhang mit dem Stromsystem des atlantischen Ozeans nördlich von 50° N-Br aus den physikalischen Verhältnissen abzuleiten und zwar nach dem von Professor Mohn zuerst auf das europäische Nordmeer angewandten Verfahren.[27]) Wenn auch die Ausführungen Professor Mohns keineswegs ganz einwandsfrei sind, wenn auch Irrthümer sich nachweislich eingeschlichen haben, so muss man doch dem genialen Grundgedanken des Verfahrens seine vollste Anerkennung zollen. Hat doch der kühne Schöpfer selber die Verbesserungsbedürftigkeit seiner Methode anerkannt und die Wiederholung des Verfahrens für besser bekannte Meerestheile als das europäische Nordmeer empfohlen. Um so mehr muss man sich wundern, dass bis vor kurzem nichts Derartiges erfolgt ist, ja, ausser von Professor Krümmel[28]) dasselbe kaum von irgend jemand auch nur kritisch beleuchtet worden ist.

---

[13]) Fürst A. v. Monaco: Die Erforschung der Meere und ihrer Bewohner. Annales de Chimie et Physique. 1888. VI. S. 289. Annalen der Hydrogr. etc., 1897. Deutsche Seewarte: 10°-Felder des nordatlant. Ozeans. Philos. transact. 1875. Prestwich: On submarine temperatures, 1749—1869. Petermann's Mittheil. 1870. S. 244.

[14]) Boguslawsky: Ozeanographie, I. Anhang. [15]) Annalen der Hydrogr. etc. 1881. S. 71, 110, 232.

[16]) W. Thomsen: The deapths of the sea. (Annalen der Hydrogr. etc. 1880. S. 492.)

[17]) Annalen der Hydrogr. etc. 1880. S. 494. [18]) Annalen der Hydrogr. etc. 1883. S. 194.

[19]) Anual report of the fishery Board for Scotland. Part III. S. 15.
Dickson: The movements of the surface waters of the North Sea.

[20]) Annalen der Hydrogr. etc. 1880 S. 491, 1875 S. 392, 1890 S. 283 und 374, 1895 S. 292 und 427.
Annal. der Geogr.: Thonlet: La campagne du Caudan. 1895 und 1896. S. 353—367.

[21]) Krümmel: Ozeanogr. II. S. 433. [22]) Vollst. Litteraturverzeichn. in: Meddelelser om Grønland. 1890.

[23]) Annalen der Hydrogr. etc. 1880. S. 173 u. 494—98, woselbst Geschichte der Erforsch. Hamberg: Hydrografisk-kemiska Iagttagelser under den Svenska Expedition till Grønland. 1883. Wandel und Ostenfeld: Iagttagelser over Overfladevandets Temperatur, Saltholdighet og Plankton paa islandske og grønlandske Skibsrouter. 1897. Annal. d. Hydr. etc. 1884 und Videnskablige Meddelelser fra d. naturhistoriske Forening 1877—78 Steenstrup.

[24]) Annalen der Hydrogr. etc. 1887. S. 271 und 209. [25]) The Danish Ingolf-Expedition. 1895—96. Publizirt 1899.

[26]) Ergebnisse der Plankton-Expedition. Prof. Krümmel: Geophysikalische Beobachtungen.

[27]) Petermann's Mittheil. Ergänz.-Bd. XVII, S. 5. Den Norske Nordhavs-Expedition. 1876—78. Dybder, Temp. og Strømninger. 1887. [28]) Krümmel: Handbuch der Ozeanographie. II. S. 366 ff.

Digitized by Google

Die Strömungen der Oberfläche.

A. Windfläche des atlantischen Ozeans nördlich von 50° N-Br.

1. Luftdruck.

Nicht eine oder zwei, sondern eine ganze Reihe von Ursachen sind es, welche zur Entstehung von Meeresströmungen mehr oder minder stark beitragen. Doch brauchen bei, im wesentlichen gleichartigen, Strömungen nicht immer dieselben oder alle Ursachen zu wirken, worauf die von Prof. Krümmel[29]) vorgeschlagene Eintheilung in „gezwungene", „Kompensations-" und „freie" Strömungen fusst. Hier wird es sich zunächst nur um die erstgenannten, die „gezwungenen Strömungen" handeln, die vornehmlich zwei Ursachen ihre Entstehung verdanken, nämlich: 1) den Wirkungen, welche auf Druckunterschieden in der Atmosphäre über der zu betrachtenden Fläche beruhen (Wind) und 2) den Dichteunterschieden im Wasser selbst. Mit der Betrachtung des Windes bei der Stromerzeugung ist zu beginnen, da von den beiden genannten Ursachen der Wind wie im allgemeinen so auch hier wieder die hauptsächlichste ist.

Um Richtung und Stärke des herrschenden Luftstromes zu finden, bedient man sich vorläufig noch am besten einer Isobarenkarte, da einmal für den nördlichsten atlantischen Ozean meteorologische Beobachtungen ausserordentlich spärlich vorhanden sind, stellenweise überhaupt fehlen; zum anderen aber die vorhandenen, besonders was Windstärke angeht, durchaus nicht ohne weiteres benutzt werden können. Die Luftdruckkarte, welche ich der Berechnung zu Grunde gelegt habe, ist die des Kapitäns G. Rung,[30]) Unterdirektor am dänisch-meteorologischen Institut zu Kopenhagen. Auf Grund zwanzigjähriger (1870—1889) Beobachtungsreihen für 49 Küstenstationen hat Rung aus den damals 8 Jahrgänge umfassenden, täglichen synoptischen Wetterkarten des nordatlant. Ozeans von der Deutschen Seewarte (1. Dez. 80—30. Nov. 89), welche unter Benutzung von 225479 Beobachtungen meist deutscher Schiffe angefertigt sind, für 80 Punkte des nordatlantischen Ozeans ebenfalls zwanzigjährige Reihen hergestellt; im ganzen sind 172 Stationen benutzt, und alle Angaben sind auf den Meeresspiegel und 0° C. für 45° N-Br. reduzirt.

Für das Gebiet von Grossbritannien und Irland, wo Rung sich mit 15 Beobachtungsreihen begnügt hat, habe ich auf Grund von 400 Stationen[31]) mit vierzigjährigen Reihen (1856—1895) zum Vergleiche Iso-

No.	Station	Jahresmittel				Januarmittel			
		Luftdruck für 40 Jahre	Luftdruck für 20 Jahre	Differenz	Differenz in km	Luftdruck für 40 Jahre	Luftdruck für 20 Jahre	Differenz	Differenz in km
1.	Sumburghead	757.7	757.4	+ 0.3	50	755.0	755.6	— 0.6	50
2.	Stornoway	757.7	758.2	+ 0.5	80	754.8	756.0	— 1.2	120
3.	Wick	758.1	758.0	+ 0.1	40	755.7	756.3	— 1.0	80
4.	Aberdeen	758.8	758.8	+ 0.0		757.0	758.0	— 1.0	100
5.	Ardrossan	759.4	759.3	+ 0.1	35	758.1	759.1	— 1.0	100
6.	Holyhead	760.3	760.2	+ 0.1	40	759.6	760.3	— 0.7	110
7.	Pembroke	760.8	760.7	+ 0.1	40	760.3	761.2	— 0.9	110
8.	Scilly	761.2	761.0	+ 0.2	35	761.3	761.5	— 0.2	30
9.	Spurnhead	760.5	760.3	+ 0.2	60	760.3	761.1	— 0.8	110
10.	Yarmouth	761.1	760.8	+ 0.3	60	761.3	762.2	— 0.9	150
11.	Mullaghmore	759.5	759.1	+ 0.4	80	757.9	758.0	— 0.1	40
12.	Donaghadee	759.9	759.8	+ 0.1	55	758.8	759.5	— 0.7	100
13.	Valentia	760.5	760.3	+ 0.2	35	759.2	759.7	— 0.5	65
14.	Roche's Point	760.6	760.4	+ 0.2	35	759.7	760.2	— 0.5	70
15.	Jersey	762.0	761.7	+ 0.3	110	762.6	763.1	— 0.5	100
	Stykkisholm	754.6	755.1	— 0.5		746.8	748.4	— 1.6	

Das + vor den Differenzen bedeutet eine Verschiebung der Isobaren nach Norden, das — eine solche nach Süden.

[29]) Krümmel: Handbuch der Ozeanographie, II, S. 367.

[30]) G. Rung: Répartition de la pression atmosphérique sur l'Océan Atlantique Septentrional, d'après les observations de 1870—1889. 1894.

[31]) Journal of Scottish Meteorol. Society: 3. Serie, XIII, XIV; Buchan: The mean atmosph. pressure and temperature of the British islands. — 176 englische, 194 schottische und 30 irische Stationen.

Digitized by Google

baren konstruirt. Im allgemeinen ist die Differenz für die Jahresmittel unbedeutend, 0.1—0.3 mm; erheblicher zeigt sich dieselbe für den Januar, in welchem die Differenzen zwischen dem Luftdruckmaximum und -Minimum am grössten von allen Monaten ist, und für den vergleichsweise ebenfalls eine Windströmungskarte angefertigt worden ist. Die absolute Verschiebung der Isobaren in km ist dagegen für den Januar wegen der Häufung der letzteren über Grossbritannien verhältnissmässig weniger gross. Umstehende Tabelle der Rung'schen Stationen, verglichen mit denselben bei Buchan für 40 Jahre, bringt dies zum Ausdruck.

Im Durchschnitt kommen auf 0.1 mm Druckunterschied eine Verschiebung der Isobaren von 24.3 km im Jahresmittel gegen nur 12.7 km im Januar; doch hat in beiden Fällen — Jahr wie Januar — die Verschiebung der Isobaren eine Vertiefung des Hauptminimums zur Folge, wie aus den Beobachtungsreihen der Station Stykkisholm hervorgeht. Am grössten ist die Isobarenverschiebung über Schottland und zwar im Westen über den Hebriden (Stornoway); von da ab findet auch nach Norden über dem Ozean eine Abnahme der Differenz bis 0 statt und ein Uebergehen der Verschiebung in das Gegentheil, d. h. ein Vorzeichenwechsel der Differenz, sodass sich auch für das Jahresmittel eine Vertiefung des Minimums herausstellt.

Das Bild der Isobaren aus den zwanzigjährigen Beobachtungsreihen ist kurz folgendes. Für das Jahr wird der Verlauf der Linien über dem nördlichen atlantischen Ozean hauptsächlich durch das bekannte Luftdruckmaximum (etwas über 766 mm) in der Region der Rossbreiten (33° N-Br und 33° W-Lg von Greenwich) bestimmt, welchem gegenüber südlich von Island eine Depression, das schon besprochene Miniumum (753.8 mm) liegt; zwei Erscheinungen, welche sich in fast allen Monaten, ausgenommen der Mai, mehr oder weniger scharf ausgeprägt vorfinden und die den ganzen Witterungscharakter bestimmen. Neben diesem Hauptminimum befindet sich, umschlossen von der 756 mm Isobare, eine zweite Vertiefung, westlich von Grönland über der Davisstrasse, nur etwa 754.3 mm tief. Um die Hauptdepression, welche sich bis in das europäische Nordmeer erstreckt, wo sich ihr gegenüber ein sekundäres Maximum von 760.5 mm über Skandinavien befindet, schon angedeutet durch den unregelmässigen Verlauf der Isobaren über der Nordsee, ordnen sich in verschiedenen Abständen die Kurven gleichen Luftdruckes derart, dass sie entsprechenden Erscheinungen bei Cyklonen und Anticyklonen sich um das Minimum drängen, während in der Richtung des Maximums ihre Abstände sich vergrössern. Sehr schön ausgeprägt ist das bekannte, sekundäre Minimum über der iberischen Halbinsel,[32]) wo Luftdruck- und Wärmevertheilung ein Monsunsystem im kleinen darstellen. Endlich ist auch das sogenannte Golfstrom-Minimum, westlich von den Bermuden durch den unregelmässigen Verlauf der Isobaren über und südlich von Newfoundland angedeutet sowie ein sekundäres Maximum in Nordgrönland durch die starke Biegung der grönländischen Isobaren. Die Grenze zwischen den Gebieten hohen und niederen Druckes bildet die 760 mm-Linie, welche von N nach S Labrador durchlaufend, Newfoundland südlich umgeht, dann den Ozean in west-östlicher Richtung durchschneidet und den 50° N-Br etwa in 24° W-Lg von Greenwich überschreitend, durch Südirland, die irische See, Nordengland und Nordsee nach der jütischen Küste verläuft. Ihr südlichster Punkt ist am 46° N-Br im Süden von Newfoundland.

Ziehen wir zum Vergleiche die Karte für den Januar heran. In mancher Hinsicht ähnelt sie der eben beschriebenen. Der Verlauf der 760 mm-Linie ist anfänglich über Amerika genau derselbe; über dem Ozean dagegen macht sie im Winter einen grösseren Bogen bis etwa 44° N-Br nach Süden, um dann bei ca. 15° W-Lg den 50. Parallelkreis zu schneiden und in fast gleicher Weise Grossbritannien durchziehend in das Innere von Skandinavien zu verlaufen, wo sie ein sekundäres Maximum (762 mm) gegenüber dem Nordmeer-Minimum (750 mm) umschliesst. Wie ganz anders gestaltet sich aber die Gruppirung der Isobaren zwischen dieser Trennungslinie und dem Hauptminimum, welches auch hier zwei Haupteinsenkungen (etwa 746.4 und 747 mm) aufweist, genau wie die Karte des Jahresmittels. Während bei letzterer dieser Raum oben von etwa 5 unserer Isobaren eingenommen wurde, müssen sich im Januar 13 darin theilen, sodass deren Abstände, welche übrigens fast überall gleich sind, nur etwa die Hälfte wie im Jahresdurchschnitt betragen. Auch das Hauptmaximum hat sich zertheilt in einen kleineren, westlichen (etwa 766 mm) bei 30° N-Br und 55° W-Lg gelegenen und einen östlichen Theil zwischen Azoren und Madeira (beinahe 767 mm). Die Depression über Spanien und Portugal (765 mm) ist westlich in das Meer gerückt, verdrängt von einem über 767 mm hohen Maximum. Endlich zeigt auch die Karte der Januar-Isobaren sehr deutlich das Vorhandensein eines Gebietes höheren Druckes in Nordgrönland, sowie das Golfstrom-Minimum. Die Wirkung

[32]) Hann: Die Erde als Ganzes. S. 219.

Digitized by Google

dieser Isobarenhäufung um die nordatlantische Depression im Januar[33]) ist bekannt genug. Mehr als $^1/_5$ aller Stürme im Jahre fällt in diesen Wintermonat, wo schon an sich das Gebiet des atlantischen Ozeans nördlich von 40° N-Br weitaus das sturmreichste ist. Die Anzahl der Zyklonen, welche in jener Zeit den Ozean passiren (in östlicher oder nordöstlicher Richtung) ist trotzdem keine grössere als in anderen Monaten, wenn schon die Anzahl der Minima recht beträchtlich ist. Es ergaben sich für 638 Tage allein 285 Minima mit mindestens dreitägiger Existenz, sodass im allgemeinen täglich 1—2 Depressionen über diesem Gebiete lagen. Einen Vortheil von dieser Luftdruckvertheilung im Januar hat bekanntlich die atlantische Küste Europas, besonders aber Südengland, indem die hierdurch erzeugten starken WSW-Winde einen milden Winter zur Folge haben. Auf Grund der beschriebenen Luftdruckkarten gehe ich nunmehr zur Bestimmung der Windverhältnisse über.

2. Wind.

Zur Bestimmung von Windrichtung und -Stärke hat Mohn vorgeschlagen, sich der von ihm und Guldberg abgeleiteten, bekannten barischen Windformeln zu bedienen:

$$\frac{\mu}{\varrho} \cdot G \cdot \sin \alpha = 2 \cdot w \cdot \sin \varphi \cdot v$$

$$\frac{\mu}{\varrho} \cdot G \cdot \cos \alpha = k \cdot v$$

oder daraus:

$$tang\, \alpha = \frac{2\, w \cdot \sin \varphi}{k}$$

und

$$v = \frac{\mu \cdot G \cdot \cos \alpha}{\varrho \cdot k}$$

wo α den Ablenkungswinkel des Windes von der Richtung des Gradienten, φ die geographische Breite, $w = \frac{2\pi}{86164.09} = 0.00007292$, k den Reibungskoeffizienten zwischen Luft und Wasser, von Mohn für das offene Meer auf 0.000035, für das eisbedeckte auf 0.00008 gesetzt, v die Windgeschwindigkeit,

$$\mu = 13.59593 \cdot \frac{90}{10000000} = 0.00012236,$$

ϱ das Gewicht eines kbcm Luft und endlich G den barometrischen Gradienten bezeichnen. Bezüglich der Ableitung der Formeln sowie anderer Einzelheiten muss ich mich mit dem Hinweise auf die Litteratur begnügen.[34]) Zu den in den Formeln vorkommenden Grössen ist noch zu bemerken, dass ϱ, das Gewicht eines kbcm Luft, nach der Formel $\varrho = 0.047366 \cdot \frac{b - 0.3779\, e}{273 + t}$ berechnet ist, wo b den Luftdruck bezeichnet, welchen man der Isobarenkarte entnimmt, t die Lufttemperatur, für welche ich die Karte im Atlas der Meteorologie von Hann zu Grunde gelegt habe, und e die Spannung des Wasserdampfes für die Temperatur t ist $= f \cdot E$, d. h. dem Produkte aus der relativen Feuchtigkeit und der Maximalspannung bei t. Die relative Feuchtigkeit im Gebiete des nordatlantischen Ozeans variirt von etwa 77 % in den Rossbreiten bis 93 % im Nordmeere und ist im Mittel etwa auf 85—88 % zu setzen, welch' letzteren Werth auch die zahlreichen publizirten Beobachtungen der Deutschen Seewarte liefern.[35]) Es wird also angenähert

$$e = 0.3779 \cdot 0\,85\, E = {}^1/_3\, E.$$

Für E habe ich die Werthe von Regnault[36]) und Magnus genommen, die durch ihre gute Uebereinstimmung den wahren Werthen am nächsten kommen. Für die Gradienten habe ich nur eine Tafel berechnet und zwar derart, dass ich aus derselben direkt die nöthigen Logarithmen für den aus der Karte gemessenen Isobarenabstand entnehmen konnte.

Nach obigen Formeln sind für zahlreiche Punkte (über 900), welche über den ganzen Meerestheil ziemlich gleichmässig vertheilt liegen, Windrichtung und Stärke berechnet und in die Isobarenkarte eingetragen worden (Karte für das Jahresmittel). Die Ablenkungswinkel des Windes von der Richtung des

[33]) Deutsche Seewarte: Segelhandbuch des atlantischen Ozeans. VI.

[34]) Zeitschrift der österr. Gesellschaft für Meteorologie. 1877. S. 49 ff. Sprung: Lehrbuch der Meteorologie. S. 119. Den Norske Nordhavs Expedition. II. S. 115.

[35]) Deutsche Seewarte: Beobachtungen der Zehngradfelder. Quadrate No. 146—150.

[36]) Landolt-Börnstein: Chemisch-physikalische Tabellen. Wüllner: Experimentalphysik I.

Digitized by Google

Gradienten auf dem offenen Meere zwischen 40—65° N-Br wachsen im Verhältniss zur Breite von 69—75°, der Wind schneidet hier also die Isobaren unter einem Winkel zwischen 21—15°. Als eisbedecktes Meer kommt hier nur die Ostküste Grönlands nördlich von 60° N-Br in Betracht. Für sie stellt sich die Ablenkung auf nur 58—59°. Die Windrichtung ist im grössten Theile des Gebietes SW, entsprechend dem ziemlich parallelen Verlauf der Isobaren quer über den Ozean von W nach E. Wenn auch diese Richtung die herrschende ist, kommen indess an der französischen und englischen Küste sowie den Shetlandinseln und den Faröern im Sommer häufig NW, im Frühling und Herbst oft andauernd E-Winde vor.[37]) Besonders im Busen von Biscaya ist die Richtung des Windes im Laufe des Jahres recht veränderlich. Zwischen den Azoren und Portugnl dreht der Wind über W nach NW unter dem Einflusse des Luftdruckmaximums, noch verstärkt durch das sekundäre Minimum über der iberischen Halbinsel. Während des Winters ist jedoch auch hier die SW-Richtung vorherrschend. Südlich von Island in der Irminger See und westlich von Grönland über der Davisstrasse haben wir zwei schön ausgeprägte Luftwirbel, in denen alle Richtungen nach und nach auftreten. Südlich von Island sind demnach SE—E-Winde, an der grönländischen Ostküste NE—N-Winde, ESE-Winde, im Sommer meist SW, an der Küste von Labrador NNW—W.

Die Windstärke weist im Gebiete des atlantischen Ozeans nördlich von 40° drei Maxima auf. Das grösste derselben mit 5.7 m pr. sek nimmt die Mitte dieses Meeresraumes ein. Ein zweites, nur 2 m pr. sek, befindet sich zwischen dem Hauptminimum und Ostgrönland, an der Eisgrenze. Das dritte endlich liegt zwischen dem Luftdruckminimum der Davisstrasse und Nordlabrador mit etwa 4.7 m pr. sek. Dieses und das Hauptwindstärke-Maximum werden von der Linie umschlossen, welche alle Punkte von der Windstärke 3.5 m pr. sek (Beaufort II) verbindet und die fast das ganze Gebiet mit Ausnahme des nördlichen Theiles umfasst. Windstille herrscht in den Luftdruck-Maximis und Minimis, deren Lage auf Seite 4 näher angegeben wurde.

Um auf dieser so gewonnenen Grundlage weiter bauen zu können, ist es nothwendig, sich zu überzeugen, wie die theoretisch berechneten Werthe mit den aus der Erfahrung gewonnenen übereinstimmen, zunächst also die Allgemeingültigkeit der Formeln festzustellen. Schon Sprung hat[38]) darauf hingewiesen, dass man die Uebereinstimmung der berechneten Windstärke mit der gemessenen keine gute nennen könne, indem bei SW-Winden die gemessene um das $2^1/_2$ fache hinter der berechneten zurückbleibt, wie überhaupt durchgängig die auf theoretischem Wege gefundenen Werthe stets zu gross ausfallen. Im allgemeinen pflegen die Abweichungen viel zu gross zu sein, um sich etwa aus beschränkenden, unzutreffenden Voraussetzungen erklären zu lassen. Mohn selber hat auch schon diese Mangelhaftigkeit für Landstationen erkannt, für das offene Meer fand er eine bessere Uebereinstimmung, jedoch auch nur irrthümlicher Weise, worauf erst später (Seite 12) eingegangen werden kann. Zur Erklärung dieses Umstandes sagt er folgendes:[39]) „Alle unsere Anemometer befinden sich in einer mehr oder weniger hohen Uebergangszone, innerhalb welcher die Windgeschwindigkeit mit der Entfernung von der reibenden Erdoberfläche stetig wächst und erst allmählich in die Geschwindigkeit des grossen, von der Erdoberfläche nur mittelbar influenzirten Luftstromes übergeht; letzterer ist es, welcher sich nach den in den Gleichungen enthaltenen Gesetzen bewegt." Uns, die wir die stromerzeugende Kraft des Windes studieren wollen, interessirt aber nur die Luftbewegung der untersten Schicht über dem Meeresspiegel, sodass darum die Windformeln für diesen Zweck unbrauchbar sind. Darauf neue Formeln aufzustellen, wird man verzichten müssen, da solche, die allen bei der Luftbewegung der untersten Schicht betheiligten Faktoren Rechnung tragen wollen, ausserordentlich komplizirt sein werden. Man wird darum wohl am klügsten thun, wenn man, wie Professor Krümmel empfohlen hat[40]), sich an die Thatsachen hält und aus den täglichen synoptischen Wetterkarten[41]) des nordatlantischen Ozeans rein empirische Beziehungen zwischen Gradienten und Windstärke ableitet, wozu von Kapt. Dinklage Vorarbeiten vorliegen.[42]) Dieses Verfahren liefert zweifelsohne ein für unsere Zwecke brauchbareres Ergebniss als die analytischen Formeln des barischen Windgesetzes, da keiner der maassgebenden

[37]) Deutsche Seewarte: Segelhandbuch des atlantischen Ozeans. II. Aufl. 1899. S. 381.
[38]) Sprung: Lehrbuch der Meteorologie. S. 123.
[39]) Zeitschrift der österr. Gesellschaft für Meteorologie. 1877. S. 59.
[40]) Krümmel: Ozeanographie. II. S. 360.
[41]) Deutsche Seewarte: Tägl. synopt. Wetterkarten des nordatlantischen Ozeans.
[42]) Deutsche Seewarte Der Pilot. I. S. 19. Zeitschr. der österr. Gesellschaft für Meteorologie. XIII. 1878. S. 384.

Digitized by Google

Faktoren übersehen oder falsch geschätzt wird, zum wenigsten aber die Methode auf illusorischen Voraussetzungen beruht. Andererseits sind auch die Mängel dieses Verfahrens rückhaltlos anzuerkennen, deren wesentlichster wohl darin besteht, dass die Windstärke-Beobachtungen der Wetterkarten nur auf Schätzung beruhen, welche zu sehr von der Individualität des Beobachters abhängig sind; doch erkennt auch Mohn an[43]), dass es wohl keinem Zweifel unterliegen kann, dass diese Schätzungen zum grossen Theil Rücksicht auf die ungleiche Wirkung der Erdreibung nehmen und sich also der wirklichen Luftstromgeschwindigkeit mehr nähern als die Anemometer-Angaben. Ferner kann man annehmen, dass bei Konstruktion von Isobaren auf Grund von meist nur verhältnissmässig wenigen Beobachtungen, immerhin Fehler im Abstande von ± 10 km und mehr auf je 5 mm Druckdifferenz wahrscheinlich sind. Diese beiden Fehler, welche zufälliger Natur sind und also annähernd gleich oft nach beiden Seiten hin ausfallen werden, könnten demnach einigermaassen kompensirt werden durch Vergrösserung der Anzahl der Beobachtungen für dieselbe Windstärke und der geeigneten Wahl derselben, z. B. zu verschiedenen Jahreszeiten und von verschiedenen Beobachtern.

Nach folgenden Gesichtspunkten, welche durch die barischen Windregeln gegeben sind, habe ich die Beobachtungen der täglichen synoptischen Wetterkarten des nordatlantischen Ozeans ausgewählt. „Der Ablenkungswinkel der Windrichtung von der Gradientenrichtung (Isobarennormalen) α, wächst mit der geographischen Breite und die Windgeschwindigheit ist wiederum eine Funktion des Ablenkungswinkels α und mithin auch der geographischen Breite φ", so lehrt das Windgesetz. Hierdurch wird also die Wahl der Windstärke-Beobachtungen beschränkt, indem gleiche Windgeschwindigkeit für gleiche Gradienten nur bei stets gleicher Breite und gleichem Ablenkungswinkel α vorhanden ist. α ist, abgesehen von der Breite φ in erster Linie von den Reibungswiderständen abhängig und zwar wird α kleiner, wenn letztere wachsen, oder α ist umgekehrt proportional dem Reibungskoeffizienten k. Dieser letztere ist aber eine noch recht unbekannte, von Fall zu Fall sich ändernde Grösse, welche in Wirklichkeit durchaus nicht als konstant anzusehen ist wegen ihrer Abhängigkeit von verschiedenen, sehr veränderlichen Faktoren, z. B. der Form der Wasseroberfläche, der Bahn und Stärke des Windes. Da nun wohl eine theoretische Ermittelung von k nicht ausführbar sein dürfte, so kann der Reibungskoeffizient nur auf umgekehrtem Wege gefunden werden, nämlich auf Grund der aus Wetterkarten entnommenen, mittleren Ablenkungswinkel α. So fanden, wie schon oben angedeutet, Mohn und Guldberg im atlantischen Ozean zwischen 15—50° N-Br $k = 0.0000351$ aus 1804 Beobachtungen; als Grenzen ergaben sich 0.00002 für ruhige Meeresoberfläche und 0.00012 für sehr unebene Binnenländer. Dieses Verfahren liefert aber keineswegs den wahren Reibungskoeffizienten, da die zur Berechnung benutzte Formel $tang\,\alpha = \frac{2w\,sin\,\varphi}{k}$, also

$$k = \frac{2w\,sin\,\varphi}{tang\,\alpha}$$

wie oben erwähnt, eine gleichförmige, geradlinige Bewegung innerhalb einer isolirt zu denkenden Luftschicht voraussetzt. Ueber die Veränderlichkeit von α findet sich bei Sprung[44]) eine instruktive, geometrisch-mechanische Betrachtung, aus der hervorgeht, dass zu grosse wie auch zu kleine Werthe von α ausgeschlossen werden müssen. Ich habe den „normalen Ablenkungswinkel" α — so nannten die beiden nordischen Meteorologen die zu $k = 0.000035$ gehörigen Winkel α in den verschiedenen Breiten — in Ermangelung eines besseren und zutreffenderen die folgenden Betrachtungen zu Grunde gelegt, d. h. nur solche Beobachtungen sind benutzt, wo α ungefähr gleich dem normalen Ablenkungswinkel war.

Ferner ist die geographische Breite bei der gestellten Aufgabe zu berücksichtigen, da α sich im Verhältniss zu derselben ändert. Ich habe daher für vier verschiedene Breiten die Bestimmung vorgenommen, für 35°, 45°, 55° und 65° N-Br. Nur zuverlässige Beobachtungen sind benutzt worden, d. h. solche, für welche durch mehrere umliegende Windstärke- und Richtungsbeobachtungen der Verlauf der Isobaren genauer festgestellt werden konnte als dieses eine einzige Beobachtung auf einem grösseren Raum ermöglicht. Das Verfahren selbst ist einfach. Man misst für die verschiedenen Windstärken, die nach der 12 theiligen Skala (Beaufort) in die Karten eingetragen sind, den Isobarenabstand, drückt denselben in km aus und dividirt deren Anzahl durch 5.111 km, da die Luftdruckdifferenz der Isobaren in den Wetterkarten 5 mm

[43]) Zeitschrift der österr. Gesellschaft für Meteorologie. 1877. S. 60.

[44]) Sprung: Lehrbuch der Meteorologie. S. 115. — Annalen der Hydrographie etc. 1880. S. 604.

Digitized by Google

beträgt; dann giebt der Quotient den Werth des Gradienten in mm an. Um den Isobarenabstand bis auf 5 km genau zu bestimmen, ist der aus der Karte genommene Abstand verzehnfacht und dann gemessen und zuletzt aus allen Werthen das Mittel genommen. Die praktische Ausführung dieses anscheinend so einfachen Verfahrens stösst indess auf erhebliche Schwierigkeiten. Schon die Beschränkung auf eine geographische Breite wird nicht innegehalten werden können, da die Anzahl der brauchbaren Beobachtungen genau in derselben viel zu klein ist; man wird vielmehr eine Zone zu beiden Seiten der betreffenden Breite betrachten müssen, für 35° N-Br. etwa die Zone zwischen 30—40° N-Br. und das Mittel aus allen Beobachtungen wird auch wahrscheinlich der Werth des Gradienten für die mittlere Breite der Zone, also 35° N-Br. darstellen. Die Hauptschwierigkeit liegt jedoch in der Auswahl der Beobachtungen unter den gutbeglaubigten; denn fast auf jeder Isobarenkarte kann man Beispiele finden, wo die Isobaren den entgegengesetzten Verlauf nehmen als nach dem Windgesetz zu erwarten stände. Wollte man also nur nach obigen Gesichtspunkten die Beobachtungen auswählen, so dürfte man sich nicht wundern, wenn man z. B. für *B* V (= Beaufort V) einen grösseren Isobarenabstand, also kleineren Gradienten als für *B* IV im Mittel findet, wo nach dem barischen Windgesetz das Umgekehrte der Fall sein soll. Der Grund dieser Erscheinung ist wohl darin zu suchen, dass die 1 mm-Isobaren, welche zwischen den 5 mm-Isobaren der Wetterkarten einzuschalten sind, nicht parallel und in gleichen Abständen zu einander sich befinden, sondern unregelmässig verlaufen; oder mit anderen Worten, dass der Gradient der Druckdifferenz von 5 mm nicht der zu der beobachteten Windgeschwindigkeit gehörige ist. Dies halte ich überhaupt für das schwerwiegendste Bedenken, gegen welches alle anderen ziemlich zurücktreten, wo die Methode gerade darauf fusst, dass in derselben Breite einer bestimmten Windstärke ein gewisser Gradient zugeordnet ist, der im Verhältniss zur Geschwindigkeit wächst. Ein Kriterium dafür, ob irgend ein berechneter Gradient die beobachtete, in die Karte eingetragene Windstärke erzeugt, existirt nicht. Im allgemeinen darf man aber annehmen, dass der gefundene Gradient nicht der zugeordnete ist, einmal wenn in der Nähe der Windbeobachtung eine zweite erheblich abweichende innerhalb derselben Isobaren sich befindet, zum andern aber, wenn durch den unregelmässigen Verlauf der Isobaren sowie die angedeutete, gesetzwidrige Veränderung von Gradienten und Windgeschwindigkeit eine ungleiche Vertheilung der 1 mm-Isobaren angedeutet wird. Folgende Tabelle giebt eine Zusammenstellung der von mir gefundenen Gradienten.[45])

35° N-Br.					45° N-Br.				55° N-Br.			65° N-Br.		
Beaufort-Skala	Anzahl der Beobacht.	Isobarenabstand in km	Gradienten in mm berechnet	nach Dinklage	Anzahl der Beobacht.	Isobarenabstand in km	Gradienten in mm berechnet	nach Dinklage	Anzahl der Beobacht.	Isobarenabstand in km	Gradienten in mm berechnet	Anzahl der Beobacht.	Isobarenabstand in km	Gradienten in mm berechnet
III	3	880	0.63		5	730	0.76							
IV	31	630	0.88	0.8	42	525	1.06	1.1	12	460	1.21	9	420	1.32
V	29	475	1.15	1.1	28	395	1.40	1.4	8	350	1.58	3	315	1.80
VI	23	385	1.45	1.5	36	320	1.72	1.7	23	280	2.00	22	255	2.20
VII	20	315	1.80	1.8	26	260	2.14	2.2	10	230	2.4	10	210	2.65
VIII	6	265	2.10	2.3	24	220	2.50	2.7	9	195	2.9	15	175	3.2
IX	9	225	2.50	2.8	10	190	3.0	3.3	6	165	3.4	7	150	3.7
X					4	160	3.50		3	140	4.0			

Die Werthe in den Kolonnen „berechnet“ sind vom Verfasser berechnet.

Damit später Wind- und Dichtigkeitsfläche zur Stromfläche kombinirt werden können, müssen die vorkommenden Grössen in einheitlichem Maasse ausgedrückt werden, und habe ich mich für das übliche *CGS*-System entschieden. Da gewöhnlich Windstärken in der 12theiligen Beaufort-Skala angegeben werden, muss statt dieser die entsprechende Windstärke in cm pro sek eingeführt werden. Leider fehlen immer noch allgemein anerkannte Reduktionswerthe, so nothwendig sie auch sind. Allerdings haben sich mehrfach Meteorologen mit ihrer Herstellung beschäftigt, jedoch ohne übereinstimmende Ergebnisse zu erzielen; erst in den letzten Jahren nähert man sich dem Ziele. Meinen Rechnungen werde ich das von Prof. Krümmel[46]

[45]) Deutsche Seewarte: Tägl. synopt. Wetterkarten des nordatl. Ozeans. XII 1888 bis XI 1889 incl. Z. Th. V—VIII, 1882, 84, 85. III—V, 1882.

[46]) Ergebnisse der Plankton-Expedition: Krümmel, Geophysikalische Beobachtungen.

Digitized by Google

aus 7 Beobachtungsgruppen gezogene Mittel zu Grunde legen, welches in den ersten 7 Beaufort-Theilen nicht wesentlich von den dazu benutzten Werthreihen abweicht. Ich setze also:

$$\begin{aligned} B\ \text{II} &= 3.4 \text{ m pro sek} \\ B\ \text{III} &= 5.1 \text{ » » »} \\ B\ \text{IV} &= 7.1 \text{ » » »} \\ B\ \text{V} &= 9.4 \text{ » » »} \\ B\ \text{VI} &= 11.7 \text{ » » »} \end{aligned}$$

Mittels dieser rein empirischen Beziehungen zwischen Isobarenabstand und Windstärke in absoluten Maassen könnte man ebenfalls eine Windkarte entwerfen; jedoch wird man vorher auch noch für die andern vorkommenden Werthe des Isobarenabstandes als die empirisch bestimmten (s. Tabelle) die Geschwindigkeit in m pro sek durch Interpolation feststellen müssen. Zunächst habe ich dieselbe auf graphischem Wege versucht, indem ich die Isobarenabstände als Ordinaten auftrug, so dass einem mm 10 km entsprachen und die Windstärken in 1 m pro sek als Abscissen, so dass 1 cm gleich einem m Windgeschwindigkeit war. Die durch die Schnittpunkte gelegte Kurve ergab in erster Annäherung eine gleichseitige Hyperbel und in der That besitzt, entsprechend der Eigenschaft dieser Kurve, das Produkt aus Ordinate und Abscisse oder hier von Isobarenabstand und Windstärke angenähert konstanten Werth ($v \,.\, a = c$). Diese Beziehung ermöglicht es, für jede Breite, deren Konstante man kennt, zu jedem beliebigen Isobarenabstand die zugeordnete Windgeschwindigkeit zu berechnen. Schon Mohn deutet übrigens das Bestehen dieser Relation an, indem er erkannte, dass der Quotient aus Windstärke und Gradient konstant sei; das ist aber nichts anderes, als das obige Produkt, da der Gradient G ja umgekehrt proportional dem Isobarenabstand a ist.

$$\frac{v}{G} = C,\ G = \frac{111}{a} \text{ oder } \frac{a}{111} = \frac{1}{G},\ \text{also } \frac{v}{G} = \frac{va}{111} = C$$

$$v \,.\, a = 111\,C = c.$$

Selbst nach der barischen Windformel ist dieses Resultat als erste Annäherung zu erwarten. Formt man den Ausdruck $v = \frac{\frac{\mu}{\varrho} G \cos\alpha}{k}$ ein wenig um, so erhält man $v = \frac{\mu \,.\, 111 \,.\, \cos\alpha}{a \,.\, \varrho \,.\, k}$; also $va = \frac{111 \,.\, \mu \,.\, \cos\alpha}{\varrho \,.\, k}$ und zwar $va = \frac{111 \,.\, \mu \,.\, \cos\alpha}{\varrho \,.\, k} = constans$; denn $\frac{111\,\mu}{k}$ ist konstant; $\cos\alpha$ als $\cos$ des normalen Ablenkungswinkels hat ebenfalls für dieselbe Breite denselben Werth; ϱ endlich, die Dichte der Luft ist zwar im allgemeinen variabel; doch darf man es für dieselbe Breite ohne grossen Fehler als unveränderlich ansehen, wenn man bedenkt, dass für das ganze Gebiet zwischen 35°—65° N-Br. das Intervall für ϱ ± 0.0055 beträgt oder ϱ zwischen 0.1336 und 0.1226 liegt.

Endlich ist auch noch eine Interpolationsformel für die Breite zu suchen, um die Zwischenwerthe zwischen 35°, 45°, 55° und 65° N-Br. zu finden. Hierfür kann man sich sogar zweier Beziehungen bedienen; erstens der schon von Dinklage erkannten, dass die Gradienten, welche gleichen Windstärken in verschiedenen Breiten zugeordnet sind, sich umgekehrt verhalten wie die *sinus* der Breiten, oder umgekehrt wie die Isobarenabstände. Also $G : G_1 = \sin\varphi : \sin\varphi_1$, oder da $G = \frac{111}{a}$ und $G_1 = \frac{111}{a_1}$ ist, ergiebt sich $G : G_1 = a_1 : a = \sin\varphi : \sin\varphi_1$. Diese Beziehung trifft in der That bei den empirisch gefundenen Werthen für 35°, 45°, 55°, 65° zu und könnte man diese Relation immerhin zur Interpolation benutzen; doch habe ich, mehr zufällig, eine andere Beziehung aufgefunden, die in erheblich einfacherer Weise dieselbe Aufgabe löst. Indem ich nämlich die Verbindung der Konstanten c ($= va$) von 35°, 45°, 55° und 65° unter einander herzustellen suchte, fand ich, dass $c_{35} : c_{45} : c_{55} : c_{65} = \cos\alpha_{35} : \cos\alpha_{45} : \cos\alpha_{55} : \cos\alpha_{65}$ ist, oder dass sich die Konstanten annähernd wie die $\cos$ der normalen Ablenkungswinkel der betreffenden Breite verhalten. Habe ich aber erst den Werth der Konstanten, so kann ich bequem zu jedem beliebigen Isobarenabstand die Windstärke finden. Uebrigens kommen auch diese Beziehungen im barischen Windgesetz zum Ausdruck. Es war $v = \frac{\mu G \cos\alpha}{\varrho k} = \frac{\mu 111 \cos\alpha}{a \,.\, \varrho \,.\, k}$, $av = \frac{\mu 111 \,.\, \cos\alpha}{\varrho k} = c$. Analog für eine andere Breite ist $a_1 v_1 = \frac{\mu 111 \,.\, \cos\alpha_1}{\varrho k} = c_1$. Mithin in erster Annäherung $\frac{\cos\alpha}{\cos\alpha_1} = \frac{c}{c_1}$.

Digitized by Google

Noch einmal möchte ich auf die Umrechnung von Beaufort-Graden in m pro sek kurz zurückgreifen, um zu zeigen, wie sich dieselbe mit Rücksicht auf die oben abgeleiteten Beziehungen zwischen Gradient und Windstärke für die ganze Beaufort-Skala gestaltet. Bis Beaufort VII sind mehrere Reihen guter Reduktions-Werthe vorhanden, die durch annähernde Uebereinstimmung einen gewissen Grad von Wahrscheinlichkeit für sich haben. Als ich gelegentlich der Versuche, aus den empirisch gefundenen Werthen durch Interpolation andere zu finden (S. 9) auch eine graphische Darstellung der Isobarenabstände und zugehörigen Windstärken vornahm (in Beaufort) und zwar indem ich die Isobarenabstände als Ordinaten auftrug — wo 1 mm wieder gleich 10 km war — und die Beaufort-Theile als Abscissen in gleichen Abständen von 20 mm für je einen Theil der Beaufort-Skala von I—VII, erhielt ich als Kurve eine Hyperbel. Unter Annahme, dass auch weiterhin die Beziehungen zwischen diesen Faktoren gleich bleiben, d. h. dass auch fernerhin diese Kurve das Verhältniss von Isobarenabstand und Windstärke angiebt — ich halte mich zu dieser Annahme um so mehr für berechtigt, als in der That eine einfache Ueberlegung auf diese Kurve hinführt — wird es leicht sein, den Hyperbelast in der Richtung der Abscissenaxe fortzusetzen und so durch Extrapolation die zu Beaufort VIII—XII gehörigen Isobarenabstände zu gewinnen, da ja die Abscissen von Beaufort VIII—XII in gleichen Abständen von einander und von Beaufort VII (je 20 mm) anzunehmen sind; denn zieht man in Betracht, dass der Geschwindigkeit Null der Gradient Null zugeordnet ist und ferner, dass $G = \frac{111}{a}$ ist, so entspricht der Windstärke Null, also der Windstille, ein unendlich grosser Isobarenabstand, d. h. die y-Axe ist Asymptote der Kurve. Eine analoge Betrachtung zeigt dies ebenfalls von der X-Axe, wo das Nullwerden des Isobarenabstandes oder das Uebereinanderfallen zweier Isobaren das Unendlichwerden der horizontalen Geschwindigkeit bedeutet, d. h. den Uebergang aus einer horizontalen in eine vertikale Luftbewegung. Folgende Tabelle bringt eine Uebersicht[47]) aller gefundenen Werthe und der zwischen ihnen bestehenden Beziehungen. Es sind von 5 zu 5° Breite vollständige Werthreihen berechnet für Isobarenabstände von 10 zu 10 km, während die Einheiten durch Proportional-Tabellen verhältnissmässig leicht interpolirt werden können.

Windstärke v =		35° N-Br.		45° N-Br.		55° N-Br.		65° N-Br.	
Beaufort	m pro sek	Isobarenabstand in km. a	Konstante 896 $v.a$	Isobarenabstand in km. a	Konstante 745 $v.a$	Isobarenabstand in km. a	Konstante 655 $v.a$	Isobarenabstand in km. a	Konstante 596.0 $v.a$
I	etwa 1.7	527		438		385		351	
II	3.4	264	897.6	219	744.6	190	656.0	176	598.4
III	5.1	176	897.6	146	744.6	128	652.8	117	596.7
IV	7.1	126	894.6	105	745.5	92	655.2	84	596.4
V	9.4	95	893.0	79	742.6	70	658.0	63	592.2
VI	11.7	77	900.9	64	748.8	56	655.2	51	596.7
VII	14.2	63	894.6	53	752.6	46	655.2	42	596.4
VIII	16.9	53	895.7	44	743.6	39	655.2	35	595.0
IX	19.9	45	895.5	38	748.6	33	656.7	30	597.0
X	23.5	38		32		28		25	
XI	28.5	31		26		23		21	
XII	37.3	24		20		18		16	

[47]) Kurz nach Abschluss dieser Arbeit wurde mir von Herrn Prof. Krümmel die soeben von Prof. Köppen im „Archiv der Deutschen Seewarte“ (1898 No. 5, woselbst auch eine Zusammenstellung der einschlägigen Litteratur) veröffentlichte Abhandlung über diese Frage zugestellt. Unter Berücksichtigung des gesamten bisher erschienenen Materials hat der um die Lösung der Frage sehr verdiente Gelehrte nach vorheriger kritischer Sichtung neue Mittelwerthe abgeleitet. Die Abweichung von den Krümmelschen ist in den Skalentheilen Beaufort I—VI nur gering, da seiner Zeit von Prof. Krümmel alle publizirten, brauchbaren Beobachtungen benutzt sind, zu denen neuerdings nur die der „Elisabeth“ und von Curtis 1897 hinzugekommen sind.

Beaufort	II	III	IV	V	VI	VII
nach Krümmel in m pro sek	3.4	5.1	7.1	9.4	11.7	14.2
nach Köppen in m pro sek	3.1	4.8	6.7	8.8	10.7	12.9
Differenz	0.3	0.3	0.4	0.6	1.0	1.3

Die

Digitized by Google

Man sieht, dass in erster Annäherung $v \,.\, a$ konstant ist. Es ist ferner genau 894 : 745 : 653 : 596 = *cos* 67°3 : *cos* 71°3 : *cos* 73°3 : *cos* 75°2; also auch die Konstanten verhalten sich annähernd wie die *cos* der normalen Ablenkungswinkel. Diese Beziehung liefert als Konstanten für 40°, 50° und 60° N-Br. 811, 694 und 622 und zwar als Mittel aus:

$$c_{40^\circ} = c_{35^\circ} \,.\, \frac{\cos \alpha_{40^\circ}}{\cos \alpha_{35^\circ}} = 812.8 = c_{45^\circ} \,.\, \frac{\cos \alpha_{40^\circ}}{\cos \alpha_{45^\circ}} = 810.2$$

$$c_{50^\circ} = c_{45^\circ} \,.\, \frac{\cos \alpha_{50^\circ}}{\cos \alpha_{45^\circ}} = 692.4 = c_{55^\circ} \,.\, \frac{\cos \alpha_{50^\circ}}{\cos \alpha_{55^\circ}} = 695.4$$

$$c_{60^\circ} = c_{55^\circ} \,.\, \frac{\cos \alpha_{60^\circ}}{\cos \alpha_{55^\circ}} = 621.1 = c_{65^\circ} \,.\, \frac{\cos \alpha_{60^\circ}}{\cos \alpha_{65^\circ}} = 621.8$$

Nach dieser Methode ist eine Windgeschwindigkeits-Karte für das Jahresmittel angefertigt worden. Vergleichen wir sie mit der nach dem Mohnschen Verfahren konstruirten und oben (S. 6) beschriebenen, so finden wir, dass im allgemeinen beide Karten sich ähneln. Die drei Maxima der Geschwindigkeit, das Zusammendrängen der Linien um die Hauptminima, auch die Hauptkrümmungen der Stromstärke-Linien, bedingt durch den Verlauf der Isobaren, finden sich auf beiden. Der Hauptunterschied liegt in den Windstärken. Anstatt der oben beschriebenen Maxima von 5.7 m pro sek in der Mitte, von 3 m pro sek bei Ostgrönland und 4.7 m pro sek bei Ostlabrador weist die Jahreskarte für das Hauptmaximum in der Mitte nur 4.4 m auf, für das ostgrönländische dagegen 2.6 m und für das dritte 3.5 m pro sek. Ferner ist es die 2.6 m-Linie, welche hier die grösste Fläche des nordatlantischen Ozeans umgrenzt, anstatt der 3.5 m-Linie in der Mohnschen Jahreskarte.

Auch die, ebenfalls nach obiger Methode hergestellte Januarkarte zeigt in manchen Punkten Uebereinstimmung mit den beiden, eben untereinander verglichenen. Drei Maxima ungefähr an den entsprechenden Stellen, Häufung der Linien gleicher Windgeschwindigkeit um das Hauptminimum, sowie charakteristische Biegung derselben je nach dem Verlaufe der Isobaren sind auch hier zu bemerken. Das, allerdings um ein geringes nach Süden gerückte Hauptmaximum zeigt 6.3 m pro sek, das ostlabrador'sche sogar 7.1 m pro sek und das grönländische 4.3 m pro sek. Der grösste Theil des Gebietes hat aber mehr als 4.8 m pro sek gegen 2.6 m pro sek und mehr im Jahresmittel. Der ziemlich gleichmässig parallele Verlauf der Isobaren zwischen dem 40—60° N-Br. kommt in den Linien gleicher Windstärke, parallel zu den Breitenkreisen zum Ausdruck. Die Richtung der Winde ist in diesem Wintermonat wesentlich dieselbe wie im Jahresmittel. Abweichungen finden sich nur an den iberischen Küsten, da das Luftdruck-Minimum über Spanien im Winter durch ein Maximum von 767 mm verdrängt ist.

Nach diesen Vorarbeiten nehme ich nunmehr den ersten Theil der Aufgabe: Die Bestimmung der Windströmungen für das Jahresmittel in Angriff und zwar lege ich die II^te^, nach dem von Prof. Krümmel empfohlenen Verfahren entworfene Windkarte zu Grunde, was ich nach obiger Erörterung thun zu müssen glaube.

3. Windströmungen.

Die stromerzeugende Kraft des Windes festzustellen, ist das nächste Ziel. Im allgemeinen ist jede Geschwindigkeit eine Funktion der Zeit, indem sie unter der Einwirkung einer konstanten Kraft mit derselben wächst. Hier lehrt jedoch die Erfahrung, dass nur im Anfangsstadium die Zeit eine Rolle spielt, dass aber schon bald die Stromstärke in einen stationären Zustand übergeht, ein Verhältniss, wie es etwa folgende

Die Wirkung auf das Endergebniss ist darum auch nur gering, indem einer Windgeschwindigkeit von 1 m pro sek eine Erhöhung der Werthe um höchstens 1 cm pro sek oder ½ Seemeile in 24 Stunden zur Folge hat. Im übrigen ist mit der Köppenschen Arbeit noch keineswegs das letzte Wort in der Angelegenheit gesprochen, sondern es werden voraussichtlich noch viele Abhandlungen über diesen Gegenstand folgen, welche selbst in den niederen Beaufort-Graden Abweichungen von den augenblicklich besten Werthen zeigen werden, ganz abgesehen von den Theilen VIII bis XII, für die vor der Hand Näherungswerthe überhaupt ganz fehlen. Diese Unsicherheit wird aller Wahrscheinlichkeit nach bis auf weiteres bestehen bleiben und wird man sich einstweilen am besten mit graphisch gewonnenen Werthen zu begnügen haben. Ich möchte zu diesem Zwecke obige Methode, fussend auf den Beziehungen zwischen Gradient und Windstärke empfohlen haben, die mir eine Werthreihe geliefert hat, welche auffallend gut mit den Ergebnissen der „Gazelle-Beobachtung" und von Curtis (aus ca. 22000 Beobachtungen) übereinstimmt. Danach würden sich z. B. die Köppenschen Werthe von Beaufort XI = 25 m, XII = 30 m und grösser ergeben unter Benutzung seiner anderen Werthe von Beaufort I bis X inkl.

Digitized by Google

Formel zum Ausdruck bringt; $v = s.(1-e^{-\alpha t})$, in welcher v die jedesmalige Geschwindigkeit, s die Stärke des stationären Stromes, t die Zeit und α eine positive Konstante, welche vermuthlich sehr gross ist, da $v = s$ bald eintritt. Man wird in der inneren Reibung des Wassers die Hauptursache dieser Erscheinung zu suchen haben, welche bewirkt, dass die Windströmungen nie die Geschwindigkeit der darüber streichenden Luft annehmen, was schon Cialdi[48]) dadurch ausgedrückt hat, dass er Wind- und Stromstärke umgekehrt proportional den Quadratwurzeln aus den Dichten setzte. Dies stimmt übrigens mit dem von Mohn rein empirisch gefundenen Werth annähernd überein. Derselbe fand aus 658 Beobachtungen, dass eine Windgeschwindigkeit von Beaufort 3.9 eine Strömung von 15 Seemeilen in 24 Stunden erzeugt. Für 1 m Windstärke pro sek ergab sich unter Anwendung der Scottschen Reduktion — wonach Beaufort 3.9 rund 10 m ist — 0.032206 m pro sek. Nun sind jedoch die Scottschen Werthe zu gross, so dass also die von Mohn benutzte Stromstärke als zu klein sich erweist. Aus Prof. Krümmels Reduktionswerthen entnehme ich

$B.3.9 = 6.9$ m pro sek Windgeschwindigkeit $= \frac{15\,(\text{Seemeil.}).1862\,(\text{m})}{24\,(^{\text{h}}).3600\,(\text{sek}).6.9\,(\text{min})} = 0.0466$ m pro sek, oder

1 m pro sek Windstärke entspricht in 24 Stunden 2.18 Seemeilen Strömung.[49]) Für den eisbedeckten Theil an der ostgrönländischen Küste ist das Mohnsche Verhältniss angenommen, indem am Rande volle Geschwindigkeit gesetzt ist, abnehmend nach der Küste bis um das $2^1/_2$fache, entsprechend der Zunahme von k (Reibungs-Koeffizient von Luft gegen Wasser, S. 7) von 0.000035—0.000008 auf dem Festlande. Sowohl für beide Windkarten des Jahres als auch für den Januar sind mittels dieser Faktoren Windströmungs-Karten berechnet und konstruirt, indem die Stromrichtung durch Pfeile angedeutet ist und die Punkte gleicher Windstärke durch Linien verbunden sind. Vergleicht man die Jahreskarten mit einander, so fällt ihre Aehnlichkeit mit den betreffenden Windkarten auf, insofern Stromrichtung mit der Windrichtung, soweit es die Küsten zulassen, zusammenfallen. Im nordatlantischen Ozean kommen aber nur die französisch-englischen in Frage (s. S. 13). Den drei Windgeschwindigkeits-Maximis entsprechen drei Stromstärke-Maxima von etwa 28 cm pro sek in der Mitte, 16 cm an der ostgrönländischen Küste und 22 cm in der Davisstrasse bezw. von nur 20.5 cm pro sek. Auch die Häufung der Strömungslinien um die Minima, sowie die charakteristischen Biegungen derselben finden sich übereinstimmend auf beiden Jahreskarten, die sich eben nur in der Grösse der Stromstärke unterscheiden. Auch die Januarkarte zeigt alle obigen Merkmale; jedoch sind die Stromstärke-Unterschiede im Verhältniss zu der Jahreskarte noch bedeutender. Die Maxima steigen bis 29 cm pro sek und sogar bis 32 cm bei Ostlabrador, während der grösste Theil des Gebietes eine Stromstärke von 22 cm pro sek gegen 12 cm pro sek der Jahreskarte aufweist. Mit wenigen Worten soll noch auf die letztere eingegangen werden, da sie zur Konstruktion der Stromfläche benutzt ist.

In vorwiegend SE- und E-Richtung werden die atlantischen Gewässer, sofern dieselben nur unter dem Einflusse des Windes stehen, nördlich von 40° N-Br. über den Ozean getrieben und zwar sehen wir den südlichen Theil, noch ehe er die spanische Küste berührt, zwischen dieser und den Azoren unter dem Einflusse des Luftdruck-Maximums nach Süden umbiegen, um alsdann dieses letztere umkreisend wieder dem

[48]) Krümmel: Ozeanographie II. S. 370.

[49]) Dinklage: (Ann. d. Hydrogr. 1888, 1 u. folgend.) fand für den Adlergrund folgende Beziehungen zwischen Wind- und Stromstärke.

Beaufort	nach Köppen (1899) = m	Strom im Etmal			
		in km		in Seemeilen	nach Mohn in Seemeilen
0—2	0— 3.1	3.06	=	1.6	0— 6.76
2.5—3	3.1— 4.8	4.9	=	2.7	6.76—10.46
3.5—4	4.8— 6.7	7.13	=	3.8	10.46—14.61
4.5—5	6.7— 8.8	10.58	=	5.4	14.61 —19.18
5.5—6	8.8—10.7	13.89	=	7.0	19.18—23.33
6.5—7	10.7—12.9	14.65	=	8.1	23.33—27.12
7.5—8	12.9—15.4	17.87	=	9.7	27.12—34.77
8.5—9	15.4—18.0	21.27	=	11.3	34.77—39.24

Die erheblichen Differenzen zwischen den Dinklageschen und Mohnschen Werthen erklären sich leicht aus den lokalen Verhältnissen des Adlergrundes, der am Beobachtungsorte nur 5 m Tiefe hat. Daher sind für die Berechnung ozeanischer Strömungen nur die Mohnschen Werthe verwendbar.

Digitized by Google

amerikanischen Mittelmeere z. Th. zugeführt zu werden, z. Th. als Antillenströmung an demselben vorbei durch den Florida-(Golf-)Strom wieder in das Gebiet nördlich von 40° N-Br. zu gelangen und so seinen Kreislauf zu vollenden. Das Wasser der zweiten und mittleren Zone dagegen durchquert den Ozean bis es an der europäischen Westküste gezwungen wird, seine Richtung zu ändern. An den französischen Gestaden entlang zwischen der Garonnemündung und Ouessant wird der grösste Theil des Wassers, welches diese Küste unter einem Winkel von etwa 120° trifft, durch den Kanal La Manche in die Nordsee geführt, mitgerissen durch die direkt in den englischen Kanal laufende Strömung, die als direkter Strom stärker ist, als der ehemals gleich starke, durch Ablenkung aber geschwächte NW-Strom aus dem Busen von Biscaya, der darum zur Hauptsache dem stärkeren durch den englischen Kanal folgen wird. Im günstigsten Falle wird aber der aus diesen beiden Strömungen der NW und der NE resultirende Strom in eine direkte N-Richtung übergehen und den St. Georgs-Kanal, die irische See und den Nordkanal durchfliessend nördlich von Schottland das Nordmeer erreichen. Sehr unwahrscheinlich ist aber, dass die abgelenkte NW-Strömung des Biscaya-Golfs nach Rennels Annahme die stärkeren, direkten durch das Aermelmeer und den St. Georgs-Kanal aus ihrer SW-Richtuug nach SE ablenkt und sich mit ihnen westlich um Irland in südlicher Richtung dem europäischen Nordmeere zuwendet. Wenn dieser sogenannte Rennelstrom überhaupt existirt, so kann er wenigstens keine Windströmung sein; doch kann erst am Schluss auf diese Frage näher eingegangen werden. Nicht alles Wasser indes, welches dem Meerbusen von Biscaya zuströmt, wird nach NW der französischen Küste entlang fortgetrieben. Ein Theil weicht nach der entgegengesetzten Richtung aus und gelangt dadurch in den, allerdings nur schmalen Bereich der NE-Winde, welche die ganze spanische Nordküste bestreichen, als Folge des sekundären Luftdruck-Minimums über der iberischen Halbinsel. Dieser Theil des atlantischen Wassers wird also in NE-Richtung auf die spanische Küste getrieben, um an derselben entlangstreichend Kap Finisterre zu umfliessen und mit dem Kanarenstrom fortgeführt zu werden.

Die Gewässer der mittleren Zone nördlich von 50° N-Br. sehen wir dagegen nur durch die irisch-schottische Küste ein wenig abgelenkt, und direkt durch die Lücke zwischen Schottland und Island den atlantischen Ozean verlassen. Die dritte nördliche Zone, die Irmingersee und Davisstrasse umfassend, endlich zeigt in der That jenen Stromkreis, den Prof. Krümmel bereits auf Grund der Planktonbefunde und herrschenden Luftbewegungen in die Stromkarten eingetragen hat. Die Strömungs-Maxima an der ostgrönländischen Küste und von Labrador haben ebenfalls besondere Namen, „Ostgrönland-Strom“ und „Labrador-Strom“, erhalten. Schliesslich ist zu den Windströmungs-Verhältnissen an den newfoundländischen Küsten zu bemerken, dass im allgemeinen nur sehr schwache Windströmungen vorhanden sind, nämlich 4 - 5 Seemeilen in 24 Stunden in NE- und E-Richtung. Hier muss noch eine ganze Reihe anderer Umstände mitwirken, um die thatsächlich beobachteten Ströme zu erzeugen, besonders Dichte-Verhältnisse. Dies wäre in grossen Umrissen das Bild der Windströmungen im atlantischen Ozean nördlich von 50° N-Br.

4. Windfläche.

Um die Windströmungen später mit den Dichteströmungen kombiniren zu können, besonders aber zur Bestimmung der Tiefenströme hat der schöpferische Geist des norwegischen Meteorologen eine Methode der graphischen Darstellung ersonnen, die wohl einer grösseren Beachtung werth gewesen wäre, als sie gefunden hat. Ausgehend von der Thatsache, dass Strömungen in einer Niveaufläche Deformationen verursachen, sucht Mohn dieselben für die ihrer Ursache nach verschiedenen Strömungen festzustellen und findet so also die infolge der Windströmungen von der Niveaufläche abweichende Fläche die „Windfläche“ und analog für die Dichtigkeits-Strömungen die „Dichtigkeitsfläche“, für die gesamten Strömungen die „Stromfläche“. Da indes die Herstellung derselben keineswegs einheitlich ist, so muss eine getrennte Behandlung derselben Platz greifen. Die Windfläche ebenso wie die anderen Mohnschen Flächen werden durch Linien gleicher Erhebung über die Niveaufläche des tiefsten Punktes etwa dem stromlosen Haupt-Minimum in der Irmingersee, dargestellt. Eine allgemeine Theorie dieser Fläche giebt Mohn leider nicht. Indes scheinen folgende Gesichtspunkte leitend zu sein; nämlich:

1) die Linien gleicher Erhebung verlaufen in der Richtung der Meeresströmungen,
2) dieselben erheben sich auf der nördlichen Halbkugel nach rechts, wenn man in der Richtung der Bewegung blickt.

Digitized by Google

Zur Berechnung der Höhen über der Niveaufläche des tiefsten Punktes bedient sich Mohn in der endgültigen Publikation[50]) zur Strömung normaler Parabelschnitte, und zwar werden die Parabeln derart gelegt, dass der Scheitel in einen stromlosen Punkt fällt, die Axe derselben senkrecht zur Niveaufläche nach aufwärts gerichtet,[51]) falls die Strömung den betreffenden Punkt cyklonal (entgegen dem Uhrzeiger) umkreist, also vom Minimum aus, im anderen Falle bei Maximis umgekehrt; oder von A und B aus werden bis zu den Stromstärke-Maximis, also durch Gebiete wachsender Stromgeschwindigkeit, Parabeln mit aufgerichteter Axe gelegt, von da ab[52]) durch Gebiete abnehmender Stromstärke niederwärts gerichtete Parabeln, deren Scheitel in den Centren anticyklonaler Stromkreise oder falls solche fehlen, wie an der Küste von Grönland und Labrador, in entsprechenden Punkten, welche durch Rechnung zu finden sind, liegen. Zur Bestimmung der Windfläche, d. h. ihrer Erhebung, längs der Transversalen hat Mohn in folgender Weise Formeln abgeleitet. Bezeichnet x die Länge der Parabel, d. h. den Abstand des Scheitels von dem Punkte, dessen vertikale Koordinate man berechnen will, u die Stromstärke in diesem Punkte und η den Winkel zwischen der Resultante aus der Schwere und der Rotationskraft mit der Meeresfläche, so ist $\operatorname{tang} \eta = \frac{2\, w \sin \varphi \,.\, u}{g_{45}\,(1-\beta \cos 2\varphi)}$ wo φ die mittlere geographische Breite, g_{45} die Beschleunigung durch die Schwere in 45° N-Br. = 9.806165 β = 0.00259 und w = 0.00007292 (s. oben S. 5) bedeuten. h, die zu berechnende Höhe, ist dann gleich

$$\tfrac{1}{2}\, x\, u \operatorname{tang} \eta = \frac{w \,.\, \sin \varphi}{g_{45}\,(1-\beta \cos 2\varphi)}\; x \,.\, u \,. = x \,.\, u \,.\, k$$

wenn $k = \frac{w \,.\, \sin \varphi}{g_{45} \,.\, (1-\beta \cos 2\varphi)}$ ist. Für k berechnet man sich am zweckmässigsten eine Tabelle, wie sie sich für φ = 55—80° im Generalbericht der Nordmeer-Expedition findet. x und u entnimmt man direkt der Karte. Hat man die Endhöhe einer Parabel berechnet, so kann man alle Zwischenhöhen nach der Formel $x : x_1 = \sqrt{h} : \sqrt{h_1}$ bestimmen; doch ist es, da man die Windfläche durch Linien darstellt, welche alle Punkte von der Höhe 0.1 m, 0.2 m u. s. w. verbinden, vortheilhafter, aus obiger Gleichung die Abstände dieser Punkte von dem Scheitel der betreffenden Parabel zu berechnen. Also $x_1 = x \,.\, \sqrt{\frac{h_1}{h}}$.

Nicht ganz so einfach gestaltet sich das Verfahren, wenn der Ort des Parabelscheitels nicht bekannt ist, wie an den Küsten von Grönland und Labrador. Hier nimmt von A bezw. B die Stromstärke zu bis zu einem Maximum u_1; auf dieser Strecke genügt nach obigem eine aufgerichtete Parabel zur Berechnung; also $h_1 = x_1\, u_1\, k_1$. Von diesem Geschwindigkeits-Maximum u_1 bis zur Küste findet sich eine Verringerung der Stromstärke auf u_2. Der Scheitel S der niedergerichteten Parabel liegt in diesem Falle im Innern des betreffenden Küstenlandes. Der Abstand a zwischen S und u_1 berechnet sich nach der Formel $a = \frac{u_1\, x_2}{u_1 - u_2}$. Die Höhe von S über u_1, also h_v ist gleich $a\, u\, k$. Ist endlich b die Entfernung von S bis zur Küste, so liegt S um $h_2 = h_v \left(\frac{b}{a}\right)^2$ höher als die letztere, diese also um $h_2 - h_2 = d$ über u_1. oder um $h_1 + d = h + k$ über A (bezw. B). Für etwa 20 solcher Transversalen, z. Th. mit einer Parabel, z. Th. mit zweien, ist die Berechnung durchgeführt und die bezw. Datenzusammenstellung vorgenommen worden.

(Siehe Tabellen I—III auf Seite 15.)

Die Windfläche des nordatlantischen Ozeans nördlich von 40° N-Br. hebt sich also von NW nach SE bis etwa 3½ m über die Niveaufläche des tiefsten Punktes. In der Irmingersee[53]) und Davisstrasse ist sie konkav. Die sekundären Maxima C, F und E liegen um 0.4 und 2.207 m über A und auch über B, welches wie die Rechnung ergiebt, ebenfalls ziemlich genau in derselben Niveaufläche liegt, und zwar fällt dieselbe, ins europäische Nordmeer fortgesetzt, angenähert mit derjenigen zusammen, auf welche Mohn seine Flächen bezogen hat, so dass also dadurch ein Anschluss an seine Arbeit möglich ist. Die Voraussetzung, dass längs fortlaufender Küsten die Erhebung der Windfläche überall die gleiche sei, musste fallen gelassen werden, da die Berechnung schon für Grönland das Gegentheil ergab, ganz abgesehen von Westeuropa. Auf diesen Punkt wird am Schluss noch zurückzukommen sein. Für die Erhebungen an den Küsten ergab sich für

---

[50]) Generalbericht der Nordmeer-Expedition. Den Norske Nordhavs Expedition 1876—1878. Mohn: Dybder, Temperaturen og Strømninger. Christiania 1887.

[51]) Siehe Tabelle I. [52]) Siehe Tabelle II. [53]) Karte I.

Digitized by Google

Tab. I. **Transversalen mittelst einer Parabel.**

№	Von — Bis	$x = km$	$\varphi°$	$u = m$	$h = m$
II.	*A* — Schottland	1300	59° 9′	0.1	0.8353
III.	*A* — Irland	1450	57 8	0.135	1.129
X.	*A* — Island	510	63 4	0.09	0.3043
XI.	*C* — Cap Farewell	200	59 3	0.07	$h_1 = 0.090$ $h = h_1 + h_c = 0.4856$
XII.	*B* — West- Süd	500	60 5	0.07	0.2262
XIII.	*B* — Grön- Mitte	175	61 9	0.07	0.0802
XIV.	*B* — land Nord	500	63 3	0.08	0.2656
XIX.	*E* — Irland	890	48 2	0.135	*)
XX.	*E* — Spanien	150	44 5	0.1	**)

*) $h_1 = 0.667$, $h = h_E - h^1 = 1.5395$. **) $h_1 = 0.07678$, $h = h_E - h_1 = 2.1297$.

Die Parabeln XI, XIX und XX haben niederwärts gerichtete Axe, alle anderen aufgerichtete.

Tab. II. **Transversalen mittelst zweier vollständiger Parabeln.**

№	I. Stromaxe		IV.	V.	VI.	XVIII.
Von	*A* (*B*)	*A*	*A*	*A* (Ost)	*A* (West)	*C*
Bis	*C*	*F*	*E*	*D*	*D*	*D*
x_a	750 km	750 km	1380 km	1500 km	1750 km	1500 km
φ_a	60°	63° 4′	55° 7′	54° 7′	55° 8′	51°
u_a	0.075 m	0.07 m	0.158 m	0.19 m	0.198 m	0.183 m
h_a	0.362 m	0.3481 m	1.338 m	1.729 m	2.129 m	$h_1 = 1.586$ $h = h_1 + h_c = 1.982$
x_n	70 km	200 km	920 km	1970 km	1500 km	1780 km
φ_n	60°	63° 6′	48° 6′	42° 5′	42° 5′	39° 9′
u_n	0.075 m	0.07 m	0.158 m	0.19 m	0.198 m	$u = 0.183$ m
h_n	0.034 m	0.05 m	0.8685 m	1.882 m	1.493 m	1.628 m
h_c	0.396 m	$h_F = 0.398$	$h_E = 2.2065$ m	3.611 m	3.622 m	3.610 m

Die Daten der Parabel mit aufwärts gerichteter Axe haben den Index a, die der anderen n.

Tab. III. **Transversalen der 2ten Art (mittelst zweier Parabeln).**

№	VII.	VIII.	IX.	XV.	XVI.	XVII.
Von	*A*	*A*	*A*	*B*	*B*	*B*
Bis	Ostgrönland Süd	Ostgrönland Mitte	Ostgrönland Nord	Labrador Nord	Labrador Süd	Newfoundland
x_1	540 km	410 km	450 km	430 km	640 km	700 km
φ_1	61° 6′	62° 6′	62° 8′	62° 6′	58° 2′	57° 7′
μ_1	0.09 m	0.14 m	0.14 m	0.14 m	0.17 m	0.165 m
x_2	160 km	210 km	200 km	270 km	200 km	700 km
u_2	0.07 m	0.07 m	0.07 m	0.13 m	0.12 m	0.1 m
h_1	0.3174 m	0.3784 m	0.4160 m	0.3968 m	0.6868 m	0.7251 m
h_v	0.4232 m	0.3878 m	0.3842 m	0.5731 m	0.8297 m	1.608 m
h_2	0.2560	0.0969	0.09605	0.1830	0.6199	0.5691
h_k	0.1672	0.2909	0.2881	0.3901	0.2098	1.0339
H_k	0.4846	0.6693	0.7040	0.7869	0.8966	1.759
a	720 km	420 km	400 km	621 km	813 km	1777 km
b	560 km	210 km	200 km	351 km	613 km	1077 km

Digitized by Google

Ostgrönland eine Abnahme von N n. S von 0.7—0.48 m, die sich an der westlichen Küste bis 0.2 m fortsetzt. Für Labrador und Westeuropa dagegen eine Zunahme von 0.78 auf 1.76 m im ersteren Falle und von 0.8 auf 2.3 m im letzteren. Für Island endlich lieferte die Berechnung 0.3 m. Es sei schliesslich noch ein anscheinend merkwürdiger Punkt berührt, nämlich die unerwartete Uebereinstimmung der Höhe bei Island und Schottland mit den Mohnschen Werthen, obwohl ich für die Windgeschwindigkeit erheblich kleinere Werthe als Mohn gefunden hatte. Auch bestand zwischen den von uns als Stromstärke-Einheit benutzten Werthen eine erhebliche Differenz. Indes haben beide Abweichungen im entgegengesetzten Sinne stattgefunden und sich deshalb beinahe ausgeglichen. Z. B. fand Mohn für Beaufort 3.9 etwa 10 m Windstärke pro sek und 0.32206 m pro sek Stromstärke, während ich B. 3.9 = 6.9 m Windgeschwindigkeit gesetzt habe und diese 0.0466 . 6.9 = 0.32154 m Stromstärke erzeugen, so dass wir gleiche Werthe fanden, da nur 3 Dezimalen berücksichtigt werden und die 3. bei mir auch auf 2 erhöht ist. Somit bleibt das Mohnsche Resultat doch richtig und es findet ein direkter Anschluss meiner Windfläche der Irmingersee an die Mohnsche statt.

B. Dichtigkeitsfläche.

Neben den direkten Windwirkungen glaubte Mohn in der ungleichen Dichteanordnung die zweite Hauptursache der Strömungen des europäischen Nordmeeres zu erblicken. Er hat daher im zweiten Theile seiner Abhandlung den Versuch gemacht, auch diese Dichteströmungen durch Rechnung festzustellen. Dieses Verfahren ist bereits von Dr. Engelhardt wiederholt worden und zwar für ein interessantes Gebiet, die Ostsee. Meine Aufgabe kann es deshalb nicht sein, hier noch einmal alle Berechnungen abzuleiten, sondern ich muss mich begnügen, eine kurze Uebersicht, soweit es das Verständniss erheischt, zu geben. Um die Aufstellung von Gleichungen zu ermöglichen, wird die Berechnung an einem regelmässig gestalteten Meere mit parabolischem Querschnitt ausgeführt, eine vereinfachende Voraussetzung, welche für das europäische Nordmeer mit den grössten Tiefen in der Mitte gemacht werden durfte, und die annähernd für jedes Weltmeer zutrifft, wo die grösste Tiefe im Verhältniss zu Länge und Breite sehr gering ist. Infolge der ungleichen Dichte des Seewassers wird die Meeresoberfläche keine Niveaufläche sein (wobei von der Einwirkung irgend welcher anderer Kräfte abgesehen wird), vielmehr wird sie sich über die Niveaufläche des tiefsten Punktes erheben und zwar um so höher, je kleiner das spezifische Gewicht und die Schwere sind. Die Folge davon wird ein System von Strömungen sein in der Richtung des Gefälles, welches die Einsenkung auszufüllen strebt. Dadurch würde der Druck in den tieferen Schichten unter der Einsenkung vermehrt, während er sich unter der Erhöhung vermindert und somit würde in den tiefen Niveauflächen eine den höheren entgegengesetzte Druckvertheilung hervorgerufen und demgemäss auch ein System entgegengesetzt gerichteter Strömungen. Zwischen diesem unteren und oberen System muss aber eine Grenzfläche liegen, in welcher es infolge der ungleichen Dichteanordnung keine Druckunterschiede giebt; die Schicht des Zeichenwechsels der Druckunterschiede und Bewegungsrichtungen in der Niveaufläche. Die Festlegung dieser Grenzfläche ist indes noch ein schwacher Punkt der Theorie. Empirisch gab sich für den Abstand derselben von der Oberfläche 0.37 H, wo H die grösste Tiefe bedeutet. Andere Kriterien führten jedoch Mohn wie Engelhardt dazu, die Fläche höher hinauf zu verlegen, etwa in einen Abstand von etwa nur 0.15 H. Nimmt man als Maximaltiefe etwa 6000—6500 m an, so wäre die Grenzfläche in 900—1000 m Tiefe anzusetzen, wofür auch das Zusammenrücken der Tiefen-Isothermen des Seewassers südlich von 45° N-Br. spricht. Auch ergaben die Tiefenstrom-Messungsversuche des „Challenger“ im 32° N-Br. des nordatlantischen Ozeans etwa in 1000 m eine stromlose Schicht. Im Norden zwischen den britischen Inseln, Island und Grönland dagegen muss man nach Mohns Untersuchungen bis etwa 550 m hinaufrücken, entsprechend der geringeren Tiefe des Meerestheils. Jedenfalls ist es empfehlenswerth, in zweifelhaften Fällen den Abstand der Grenzfläche von der Oberfläche etwas kleiner zu nehmen wegen des Fehlers, welcher durch ihre falsche Festlegung entsteht. Es soll deshalb, hauptsächlich aber, um auch hier an Mohns Arbeit anzuschliessen, die im Norden geltende Grenzfläche in der Tiefe von 550 m oder 300 englischen Faden zu Grunde gelegt werden. Der Druck in derselben berechnet sich nach der Formel $p = 54.6434 + 53.23\ (\Sigma - 1.02785)$, in welcher Σ das mittlere spezifische Gewicht der Wassersäule zwischen der Oberfläche und der Grenzfläche bedeutet. Je grösser also Σ, desto grösser auch der Druck. Um aber Dichtigkeits- und Windfläche kombiniren zu können, müssen die vertikalen Koordinaten ihrer Erhebung auf dieselbe Niveaufläche bezogen werden wie die der Windfläche (S. 14). Die Berechnung

Digitized by Google

dieser Koordinaten geschieht nach der Formel

$$dh = \frac{dp\,(1+bh)}{a_0\,S_0\,(1-\eta p)\,(1-\beta\,cos\,2\varphi)} = \frac{533.74}{1-\beta\,cos\,2\varphi}\,(1.02783-\Sigma)$$

für 300 Faden Tiefe. Bezüglich des von Mohn als konstant, nämlich = 0.000045, angenommenen Kompressibilitäts-Faktors η muss ich auf die Litteratur verweisen.[54]) Für einen Druck von 300 Faden Wasser kann man η in der That als konstant = 45 bis $46 . 10^{-6}$ annehmen, innerhalb der in Frage kommenden Temperaturen von 0°—10° Celsius, so dass die Formel trotz dieses Irrthums bestehen bleibt. Für die Berechnung von Σ braucht man Bestimmungen des spezifischen Gewichtes aus verschiedenen Tiefen, wie es sich an Ort und Stelle wirklich verhält, bezogen auf destillirtes Wasser von 4° Celsius als Einheit, $S\frac{t^0}{4^0}$. Derartige, brauchbare Beobachtungsreihen sind aber für den atlantischen Ozean, nördlich von 40° N-Br. spärlich. In der Mitte, an den Ost-, West- und Nordwestküsten fehlen sie ganz. Für den Südrand, doch schon ausserhalb des hier betrachteten Gebietes, liegen 6 Stationen des „Challenger" vor.[55]) Die der „Gazelle" zwischen Portsmouth und den Azoren,[56]) ebenso des „National"[57]) und der „Valdivia"[58]) sind zur Bestimmung von Σ_{300F} unbrauchbar. Am günstigsten steht die Nordgrenze; hier befinden sich zwischen Schottland und Island etwa 10 Mohnsche Stationen[59]) — davon 8 des „Vøringen" und 2 der „Porcupine"[60]) unter W. Thomsen — ausserdem noch 6 sehr vollständige Beobachtungsreihen von Dickson auf der „Research"[61]) (1894). Für die Irmingersee und Davisstrasse sind ausgezeichnete Beobachtungsreihen vorhanden, nämlich 6 von Hamberg[62]) (1883) im Ostgrönlandstrom gewonnen, sodann 3 Mohnsche zwischen den Faröern und Island und schliesslich vor allem 57 Serien der dänischen Ingolf-Expedition[63]) (1895—1896), welche erst kürzlich publizirt sind. Für alle Stationen sind nach obiger Formel die vertikalen Koordinaten der Dichtigkeitsfläche berechnet und in eine Karte eingetragen worden. Folgende Tabelle enthält die Länge und Breite der Stationen, Σ_{300F} und die vertikalen Koordinaten der Dichtigkeitsfläche.

(Siehe Tabelle auf Seite 18.)

Es ist zu bemerken, dass die Dicksonschen Werthe sich schlecht in die Mohnsche Dichtigkeitsfläche einfügen lassen, während die von Hamberg und der Ingolf-Expedition sich gut anschliessen. Wegen der ungleichen Vertheilung der Positionen ist es trotz der grossen Anzahl der benutzten Salzgehaltreihen zur Zeit unmöglich, sich auch nur annähernd ein Bild von der Dichtigkeitsfläche des atlantischen Ozeans nördlich von 50° N-Br. zu entwerfen. Wohl lässt sich dieselbe für die Gewässer um Grönland und Island konstruiren, jenes Gebiet, dessen Strömungen in erster Linie zu bestimmen waren. Im allgemeinen ist zu sagen, dass die Fläche für den nördlichen atlantischen Ozean sich von N nach S hebt und man somit in der Hauptsache auf eine, wenn auch nur geringe Verstärkung der Windströmungen schliessen muss; denn die Dichteströmungen bewegen sich derart, dass sie zur Rechten die Erhebung der Dichtigkeitsfläche haben, hier also nach NE (ähnlich) wie die Windströmungen, wenn auch nur mit höchstens $^1/_3$ von deren Stärke, entsprechend der viel geringeren Grösse der Koordinaten. Die Dichtigkeitsfläche der Irmingersee ist nach Mohns Anleitung hergestellt, indem ihre vertikalen Koordinaten in eine Karte[64]) grösseren Maassstabes speziell jenes Meerestheiles eingetragen sind, und dann die Linien gleicher Erhebung gezogen und zwar von 5 zu 5 cm. Diese den

[54]) Report of the Challenger expedition. Phys. a. Chem. Vol. II. S. 14 ff.
Aus dem Archiv der Deutschen Seewarte, 1899 No. 6: Engelhardt: Dichtigkeitsfläche der Ostsee. S. 5.
[55]) Challenger exped. Vol 1.
[56]) Ergebnisse der Forschungsreise S. M. S. „Gazelle". Phys. und Chem. Bd. II.
[57]) Ergebnisse der Plankton-Expedition. Krümmel: Geophysikalische Beobachtungen.
[58]) Annalen der Hydrographie etc. 1899 (Vorläufiger Bericht).
[59]) Den Norske Nordhavs Expedition, Tornø: Chimi I.
[60]) W. Thomson: The deapths of the Sea.
[61]) Dickson: The movements of the surface water of the North Sea and annual Report of the fishery board of Scotland. [Part. III. S. 15.
[62]) Hamberg: Hydrografisk Kemiska iaktagelser fran Grønland 1883.
[63]) The Danish Ingolf-Expedition 1895—1896. Knudsen: Hydrography.
[64]) Karte II.

Digitized by Google

Isohypsen etwa vergleichbaren Kurven schliessen im N recht gut an die Mohnschen im europäischen Nordmeer an. An der ganzen grönländischen Küste bewirken die salzärmeren Polargewässer ein sehr starkes Steigen der Dichtigkeitsfläche wie an der Nordküste Islands. Zwischen diesen Küsten zieht sich in der Dänemarkstrasse eine Depression hin, die sich in der Mitte der Irmingersee verbreitert und sich aller Wahrscheinlichkeit nach um Grönland herum bis in die Davisstrasse fortsetzt, was sich jedoch aus Mangel an Anhaltspunkten südlich von 58° N-Br. nicht genauer feststellen lässt. Wie Mohn bereits für die Nordküste Islands die Dichteströmungen als bestimmend für die Gesamtströmungen nachgewiesen hat, so wird dies im folgenden auch für Südgrönland um Kap Farewell herum darzuthun sein. Das scharfe Umbiegen des Ostgrönlandstromes um dieses Kap ist im wesentlichen ihren Einwirkungen zuzuschreiben.

No.	N-Br.	W-Lg.	Σ_{300F}	dh cm
		Ingolf.		
3.	65° 35′	10° 24′	1.02795	−6.39
4.	64 07	11 12	780	1.60
7.	63 13	15 41	769	7.46
9.	64 18	27 00	771	6.39
11.	64 34	31 12	768	7.99
13.	64 47	34 33	777	3.20
15.	66 18	25 29	775	4.26
16.	65 43	26 58	762	5.86
17.	62 49	26 55	760	12.26
18.	61 44	30 29	760	12.26
19.	60 29	34 14	766	9.06
20.	58 20	40 48	779	2.13
21.	58 01	44 45	773	5.33
22.	58 10	48 25	781	1.07
24.	63 06	56 00	771	6.40
25.	63 30	54 25	697	45.83
26.	63 57	52 41	697	45.83
28.	65 14	55 42	729	28.77
32.	66 35	55 54	739	23.99
36.	61 50	56 21	769	7.46
33.	67 57	55 30	722	32.50
37.	60 17	54 05	762	12.56
38.	59 12	51 05	751	16.93
39.	62 00	22 38	754	15.46
45.	61 32	9 43	755	14.92
46.	61 32	11 36	757	13.86
47.	61 32	13 40	747	19.19
48.	61 32	15 11	747	19.19
49.	62 07	15 07	752	16.52
52.	63 57	13 32	760	12.26
53.	63 15	15 07	758	13.32
55.	63 33	15 02	763	10.66
59.	65 00	11 16	787	−2.13
64.	62 06	19 00	764	10.13
65.	61 33	19 00	762	11.19
66.	61 33	20 43	759	12.79
67.	61 30	22 30	757	13.86
68.	62 06	22 30	757	12.79
69.	62 40	22 17	763	10.66
73.	62 58	23 28	767	8.53
74.	62 17	24 29	766	9.06
75.	61 28	26 25	760	12.26
77.	60 10	26 59	755	14.93
78.	60 37	27 52	755	14.93
79.	60° 52′	28° 58′	1.02750	17.59
80.	61 02	29 32	758	13.32
89.	64 45	27 20	769	7.63
90.	64 45	29 06	755	14.92
91.	64 45	31 00	771	6.39
92.	64 45	32 52	770	6.93
93.	64 24	35 14	775	4.26
94.	64 56	36 19	774	4.80
95.	65 14	36 39	769	7.46
97.	65 28	27 39	773	5.33
88.	64 58	27 20	771	6.39
96.	65 24	29 00	773	5.33
129.	66 35	23 47	768	7.0
		Hamberg.		
6. I.	62° 35′	40° 4′	1.02762	11.19
52. II.	59 34	43 16	719	34.21
51. III.	10 46	41 42	742	21.85
59. IV.	63 10	40 35	766	9.06
62. V.	65 25	37 15	764	10.13
9. VII.	60 42	46 00	711	38.38
		Mohn.		
42.	63° 2′	10° 17′	1.02764	10.1
48.	64 36	10 22	804	−11.2
		Dickson.		
III.	61° 1′	3° 12′	1.02760	12.26
IV.	60 3	5 51	751	17.06
V.	61 20	4 22	763	10.66
VI.	60 37	5 37	763	10.66
VII.	60 7	6 40	731	27.72
VIII.	60 2	7 4	736	25.08
		Challenger.		
	41° 19′	63° 12′	1.02704	40.28
	39 44	63 22	651	70.49
	36 30	63 40	618	87.60
	35 7	52 32	654	69.07
	38 3	39 19	627	83.31
	35 3	21 25	611	91.88

Digitized by Google

C. Stromfläche und Strömungen der Oberfläche.

Kombinirt man die im vorhergehenden gefundenen Wind- und Dichteströmungen und zwar dadurch, dass man die vertikalen Koordinaten der Wind- und Dichtigkeitsfläche addirt, so erhält man eine neue Fläche, von Mohn „Stromfläche" genannt, weil sich aus ihr nach den bereits (S. 14) benutzten Formeln die Oberflächenströme berechnen lassen. Die Stromrichtung wird durch den Verlauf der Linien gleicher vertikaler Koordinaten der Stromfläche angegeben, welche wie die Wind- und Dichtigkeitsfläche durch Kurven analog den Isohypsen dargestellt wird, und zwar fliesst die Strömung so, dass die grössere Höhe rechts, die geringe links sich befindet, wenn man in der Richtung des Stromes blickt. Die Stromstärke endlich wird mittels der Formel $u = \frac{\Delta h}{\Delta . x . 20 k}$ berechnet, in welcher $\Delta . x$ den Abstand zweier Linien gleicher Höhe der Stromfläche, $\Delta . h$ deren Höhendifferenz und k die oben benutzte Grösse $\frac{w . sin \varphi}{g_{45} (1 - \beta . cos 2 \varphi)}$ bedeuten.

Aus den im vorigen Abschnitte erwähnten Gründen hat nicht für das ganze zu betrachtende Gebiet, sondern nur für den nördlichen Theil um Grönland und Island herum eine Stromfläche hergestellt werden können. Dies genügt aber auch, da — wie ebenfalls oben angedeutet — diese Untersuchung hauptsächlich die Stromvorgänge der Irmingersee zum Gegenstande haben sollte und da für den anderen Theil des nordatlant. Ozeans nördlich von 50° N-Br. sehr wahrscheinlich die Windströmung in Richtung und Stärke für die Oberflächenströmungen maassgebend sind; ausgenommen vielleicht die Newfoundlandbank, wo die Dichteanordnung für die Stromverhältnisse von überwiegendem Einfluss zu sein scheint. Dass für die ost- und westgrönländischen Küsten dieses das Maassgebende ist, zeigt ein Vergleich der Koordinaten[65]) der Wind- und Dichtigkeitsfläche, welch' letztere die ersteren um mehr als das Doppelte übertreffen.[66]) Diesem Umstande ist es vor allem zuzuschreiben, dass der Ostgrönlandstrom bei Cap Farewell seine SSW-Richtung nicht beibehält, sondern dieses scharf umfliesst, wozu allerdings auch andere Ursachen mitwirken, z. B. die Wirkung der Erdumdrehung, welche bis dorthin durch den Widerstand der Küste kompensirt wird. Der Krümmelsche Stromkreis in der Irmingersee und Davisstrasse kommt ebenfalls schön zum Ausdruck. Die

[65]) (Siehe nachstehende Tabelle.) [66]) Karte III.

No.	Windfläche	Dichtigkeitsfläche	Stromfläche
	Ingolf.		
3.	30	−6.4	23.6
4.	30	1.6	31.6
7.	39	7.5	46.5
9.	23.5	6.4	29.9
11.	23	8	31
13.	35	3.2	38.2
15.	41.5	4.3	45.8
16.	37.5	5.9	43.4
17.	9	12.3	21.3
18.	0	12.3	12.3
19.	7	9.1	16.1
20.	33	2.1	35.1
21.	33	5.3	38.3
22.	23	1.1	24.1
24.	12	6.4	18.4
25.	7	45.8	52.8
26.	8	45.8	53.8
28.	18	28.8	46.8
32.	29	24	53
33.	33	32.5	65.5
36.	13	7.5	20.5
37.	8.5	12.6	21.1
38.	14	16.9	30.9
39.	19	15.5	34.5
45.	50	14.9	64.9
46.	54	13.9	67.9
47.	53	19.2	72.2
48.	49	19.2	68.2
49.	55	16.5	71.5
52.	34	12.3	46.3
53.	40	13.3	53.3
55.	38.5	10.7	49.2
59.	25	−2.1	22.9
64.	32.5	10.1	42.6
65.	33	11.2	44.2
66.	25	12.8	37.8
67.	19	13.9	32.9
68.	19	12.8	31.8
69.	22	10.7	32.7
73.	19	8.5	27.5
74.	11	9.1	20.1
75.	8	12.3	20.3
77.	9	14.9	23.9
78.	7	14.9	21.9
79.	5	17.6	22.6
80.	4	13.3	17.3
88.	34	6.4	40.4
89.	30	7.6	37.6
90.	28	14.9	42.9
91.	26	6.4	32.3
92.	30	6.9	36.9
93.	33	4.3	37.3
94.	45	4.8	49.8
95.	35	7.5	42.2
96.	35	5.3	40.3
97.	35.5	5.3	40.8
129.	40	7	47
	Mohn.		
42.	30	10.1	40.1
48.	21	−11.2	9.8
	Hamberg.		
6.	39	11.2	40.2
9.	40	38.4	78.4
52.	42	34	76
57.	35	21.9	56.9
59.	44	9.1	53.1
62.	55	10.1	65.1

Digitized by Google

grösste Stärke wird an der Grenze des Treibeises beobachtet, etwa 0.22 cm pro Sekunde oder $^1/_2$ Seemeile pro Stunde. Während von hier die Geschwindigkeit nach dem Zentrum des Stromzirkels bis 0 abnimmt, vermindert sie sich von der Packeisgrenze bis zur grönländischen Küste bis auf $^1/_6$ Seemeile pro Stunde. Hiermit wäre zum ersten Male theoretisch der Nachweis der Existenz jenes von Prof. Krümmel als eines der ozeanographischen Ergebnisse der Plankton-Expedition von 1889 gefundenen und auf den Strömungskarten seitdem verzeichneten Stromkreises aus den physikalischen Verhältnissen der Irmingersee erbracht.

Das System der atlantischen Strömungen[67]) nördlich von 50° N-Br. wird, mit Ausnahme des Gebietes um Cap Farewell und der Newfoundlandbank, im wesentlichen mit dem oben beschriebenen Windströmungssystem übereinstimmen. Die Stärke der nordöstlichen Windtrift, östlich von 40° W-Lg. und 45° N-Br., welche die Mitte des Gebietes beherrscht, ist im Durchschnitt weniger als 1 Seemeile in der Stunde (12 in 24 Std.)[68]). Dies entspricht auch den thatsächlichen Verhältnissen, indem die beobachteten Stromversetzungen ein Vorwiegen der nordöstlichen Richtung über die anderen zeigen, mit einer mittleren Stärke von 10—12 Seemeilen, während als Maximum das Dreifache und mehr festgestellt ist. Auch der im Norden herrschende cyklonale Stromkreis[69]) in der Irmingersee und Davisstrasse, welcher durch Prof. Krümmel[70]) bereits vor 10 Jahren in die Stromkarten eingetragen wurde, lässt sich aus den englischen Monatskarten der atlantischen Meeresströmungen nachweisen, wenn derselbe auch bei der Lückenhaftigkeit des Beobachtungsmaterials weniger scharf ausgeprägt ist. Die Verhältnisse um Island[71]) und an der Grenze des europäischen Nordmeeres sind von Irminger und Mohn bereits erkannt und beschrieben. Nur zwei Erscheinungen im Norden und Westen verdienen noch kurz erwähnt zu werden, nämlich der ostgrönländische und der Labradorstrom, welcher indes z. Th. als Fortsetzung des ersteren betrachtet werden kann.[72]) Aus dem unbekannten Polarmeer kommend fliesst er zunächst an der Küste von Ostgrönland entlang nach Süden in ziemlicher Breite durch das Nordmeer, gelangt dann, durch die Erdrotation hart an die Küste gedrängt, durch die Dänemarkstrasse in die Irmingersee, wo er sich verschmälert, bis er, Cap Farewell umströmend, in die Davisstrasse und Baffinsbay eintritt, wo ihn z. Th. das Packeis, wie eine Küste wirkend, zwingt, umzuwenden und als Labradorstrom[73]) unter dem Einfluss des Luftdruckmaximums über Labrador und des Minimums über der Davisstrasse in SSE-Richtung wieder in den atlantischen Ozean zurückzukehren. Während dieser Strom mit $^1/_4$ bis 1 Seemeile (in 1 Std.) Stärke (erstere an der Küste) sich seiner ganzen Länge nach unter dem Packeise fortbewegt, ist seine theilweise Fortsetzung längs der Küste von Labrador die treibeisführende Strömung des nordatlantischen Ozeans, welche ebenso wie die erstere je nach den Eis- und Windverhältnissen Schwankungen in der Geschwindigkeit zeigt zwischen $^1/_4$ bis 1 Seemeile und mehr pro Stunde. Komplizirter noch gestalten sich die Verhältnisse am Südende des Stromes, wo derselbe östlich von Newfoundland mit dem Florida(Golf-)strome zusammentrifft.[75]) Hier theilt sich der Polarstrom und zwar setzt der östliche Theil der Gewässer seinen Weg in E- und NE-Richtung fort, um später den Stromkreis der Irmingersee zu durchlaufen. Der mittlere Theil des Labradorstromes dagegen leistet dem Floridastrom theilweise Kompensation, indem er, die Newfoundlandbank umströmend, in entgegengesetzter Richtung seinen Weg als kalter NE-Strom nimmt, bis er sich mit dem, kaltes Wasser (Auftriebwasser) fortführenden Cabotstrom aus dem laurentischen Randmeer vereinigt. Das westliche Drittel endlich fliesst über die grosse Bank von Newfoundland,[76]) z. Th. hart an der Küste in den St. Lorenzgolf, z. Th. durch die Rinne, welche jene durchzieht, wie Prof. Krümmel dargethan hat, als Berichtigung zu der von Dr. Schott irrthümlich aufgestellten Ansicht.[77]) Alle diese Strömungserscheinungen übertrifft indes der Floridastrom in jeder Beziehung.

---

[67]) Karte IV.

[68]) Krümmel: Ozeanographie II, S. 429. Monthly Current charts of the Atlantic, Hydrogr. department, London 1897.

[69]) G. Schott: Karte der Meeresströmungen. Krümmel: Geograph. Jahrbuch, XXII, 1899.

[70]) Ergebnisse der Plankton-Expedition. Krümmel: Geophysikal. Beobachtungen.

[71]) Ann. der Hydr. etc. 1880, S. 171. Mohn: De Norske Nordhavs Exp., II. Strømninger.
Deutsche Seewarte: Segelhandbuch des atlantischen Ozeans, II. Aufl., 1899, S. 361.

[72]) Krümmel: Ozeanographie, II, 434.

[73]) Deutsche Seewarte: Segelhandbuch des atlantischen Ozeans, II. Aufl., 1899, S. 362.

[74]) Deutsche Seewarte: Segelhandbuch des atlantischen Ozeans S. 32—34. Ann. der Hydr. etc. 1887, S. 271.

[75]) Ann. der Hydr. etc. 1895, S. 416. Libbey: Golf- und Labradorstrom. Ann. der Hydr. etc. 1885 u. 1890, S. 419.

[76]) Annalen der Hydrographie etc. 1896, S. 229.

[77]) Ann. der Hydr. etc. 1896, S. 229. Ann. der Hydr. etc. 1897, S. 201—212. Geographisches Jahrbuch XXII, 1899.

Digitized by Google

Da er jedoch nur zum kleinen Theile dem hier betrachteten Gebiete angehört, so will ich von einer eingehenden Beschreibung absehen. Dasselbe gilt auch für den, dem laurentischen Randmeere entströmenden Cabotstrom. Was den ersteren anlangt, so bewegt sich dieser mächtigste aller Meeresströme von 40° N-Br. und 60° W-Lg. aus noch mit einer Stärke von $1^1/_2$ Seemeilen im Durchschnitt und über 90 Seemeilen im Maximum in NE-Richtung weiter bis etwa 40° W-Lg. und 45° N-Br., in welcher Gegend er sich todt gelaufen hat.[78]) Von da ab verfolgen seine Gewässer unter dem Einfluss des Windes z. Th. den oben beschriebenen Weg, z. Th. dringen sie ins Nordmeer ein, wo sein weiterer Verlauf von Mohn beschrieben ist. Dies ist jedoch nur ein Theil des Floridastromwassers, welches in NE-Richtung fortgeführt wird. Der andere Theil wird zunächst in fast E-Richtung über den Ozean getrieben, um in 25° W-Lg. zwischen 35° und 45° N-Br. sich nach S zu wenden, an der spanisch-portugiesischen Küste entlang zum kleinsten Theil in das romanische Mittelmeer fliessend, in der Hauptsache jedoch seinen Weg nach S fortsetzend[79]), um als Canaren-, Aequatorial- und Antillenstrom seinen Kreislauf zu vollenden. Die Stromstärke dieser Trift ist zwischen 40° und 50° N-Br. sehr gering ($^1/_4 - ^1/_2$ Seemeile im Durchschnitt). Es kann, um einem ziemlich verbreiteten Irrthum vorzubeugen, garnicht eindringlich genug betont werden, dass das soeben beschriebene Strombild fast niemals so ausgeprägt sich zeigt. Zu allen Zeiten werden lokale Strömungen vorhanden sein und das Bild mehr oder minder verwischen. Gegenwinde, Niederschläge, Verdunstung u. a. m. werden die Strömungen, mit Ausnahme der drei grossen Küstenströme im W, in ihrer Stärke sehr beeinflussen und aus ihrer Richtung ablenken oder gar umkehren. Konstruirt man dann aus den beobachteten Stromversetzungen für einen bestimmten Monat eine Karte, so darf man nicht erstaunt sein, ein ziemlich verworrenes, unregelmässiges System zu finden, wie es die zitirten englischen Strömungskarten zeigen. Besonders unklar sind die Vorgänge im Busen von Biscaya[80]), vor der Kanalmündung, wenn schon sie eine ausgedehnte Litteratur hervorgerufen haben. Dinklage hat überzeugend[81]) nachgewiesen, dass von regelmässigen Strömungen in diesem Gebiete absolut keine Rede sein kann, vielmehr ist es auch hier der Wind, welcher zur Hauptsache Stromrichtung und Stärke bestimmt, der aber aus allen Richtuugen fast gleich häufig weht. Nach Dinklage haben südlich von 46° N-Br. SW-Strömungen mit durchschnittlich 10.1 Seemeilen in 24 Stunden, im nördlichen Theil dagegen der NW-Strom mit 11.2 Seemeilen das Uebergewicht, was den von mir gefundenen Verhältnissen entspricht. Im allgemeinen jedoch muss man die Strömungen dort als sehr wechselnd bezeichnen, da auch andere Richtungen gleich häufig vorkommen, so dass nichts auf eine ausgeprägte Strömung wie die Rennelströmung deutet, trotz aller Versuche ihre Existenz nachzuweisen.

Die Stromkarte (IV) ist ein Versuch, die wesentlichen Eigenschaften der Meeresströme, nämlich Richtung, Stärke, Beständigkeit, Herkunft und Temperaturverhältnisse zum Ausdruck zu bringen. Die Strömung bewegt sich in der durch Pfeile angedeuteten Richtung der Stromlinien, deren Abstand untereinander die Stärke angiebt, so dass $1^1/_2$ mm (auf der Karte) einer Seemeile pro Stunde Geschwindigkeit entsprechen; ausserdem ist letztere noch stellenweise mit Zahlen in die Karte eingetragen. Die Länge der Stromlinien, sowie die Unterbrechungen derselben deuten auf die Beständigkeit des Stromes hin, indem z. B. lange und häufige Unterbrechungen sehr unbeständige Ströme — wie z. B. im Busen von Biscaya, auf der Newfoundlandbank u. s. w. — zum Ausdruck bringen sollen. Die Gegenden häufiger Stromstillen sind nach dem Vorgange der Deutschen Seewarte durch Kreise, sowie die Gebiete vorwiegender Gezeitenströme nach Krümmels Vorschlag durch Flächenkolorit angedeutet. Herkunft und Temperatur des Wassers sind in üblicher Weise bezeichnet. Schliesslich sind auch noch die Packeisgrenze und die 200 m-Linie in die Karte eingetragen.[82])

---

[78]) Deutsche Seewarte: Segelhandbuch für den atlantischen Ozean, S. 377 (Tabelle).

[79]) Fürst A. von Monaco: Die Erforschung der Meere und ihrer Bewohner.

[80]) Ann. der Hydr. etc. 1875, S. 392; 1880, S. 491; 1890, S. 283 und 374; 1895, S. 292. Ann. der Geogr. 1895—96. Thoulet: la Campagne du Caudan, S. 353—367.

[81]) Ann. der Hydr. etc. 1895, S. 427.

[82]) Das Nähere im Text zu den Karten.

Digitized by Google

Rückblick und Ergebnisse.

Am Schlusse dieser Untersuchung, welche leider keine vollständige Lösung der Aufgabe: „Die Strömungen des atlantischen Ozeans nördlich von 50° N-Br. aus den physikalischen Verhältnissen jenes Meerestheiles zu bestimmen", zu liefern vermochte, scheint es angebracht, einen kurzen Blick auf die Ergebnisse zu werfen, welche dieselbe für die Mohnsche Theorie im besonderen und für die der Meeresströmungen im allgemeinen geliefert.

Bezüglich der Windströmungen ist an der betreffenden Stelle schon genugsam darauf hingewiesen, wie die Bestimmung der erzeugenden Kraft genauer, d. h. den thatsächlichen Verhältnissen entsprechender, und auch einfacher als bisher üblich, aus den empirischen Beziehungen zwischen Gradient und Windstärke, einfacher jedenfalls als nach den barischen Windformeln vorzunehmen ist, welch' letztere ausser der genauen Luftdruckvertheilung noch die Kenntniss der Isothermen und der Luftfeuchtigkeit voraussetzen. Falls man sich der Scottschen Reduktion der Windgeschwindigkeit von Beaufort auf Meter pro Sekunde bedient, wäre allerdings das Endergebniss dasselbe. Da sich jedoch die Scottschen Werthe als zu gross herausgestellt haben, liefern die Mohnschen Formeln falsche Resultate.

Wesentlicher noch sind die Bedenken, welche gegen den Aufbau der Windfläche geltend gemacht werden können. Bezüglich dieses Punktes scheint der norwegische Meteorologe selbst seine Ansicht geändert zu haben, wie ein Vergleich der deutschen Ausgabe mit dem 3 Jahre später erschienenen Hauptwerke zeigt. Nur schwer lässt sich vermuthen, was den Verfasser bewogen haben mag, die stufenweise Berechnung der Erhebung der Windfläche über die Niveaufläche — welches Verfahren umgekehrt bei der Bestimmung der Stromstärke aus der Erhebung der Stromfläche angewandt ist — durch die Berechnung mittels Parabelschnitten zu ersetzen. Sodann leuchtet die Behauptung, dass längs derselben Küstenlinie die Erhebung der Windfläche die gleiche sein müsse, keineswegs ein. Dass für das Nordmeer die Mohnsche Behauptung nach der Methode der Parabelschnitte bewiesen werden konnte, ist unter Berücksichtigung der ziemlich einfachen Stromverhältnisse nicht verwunderlich. Aber zugestanden, das Niveau längs fortlaufender Küsten wäre gleich; dann müsste man sich fragen, warum können nur Windströmungen diese Wirkung hervorbringen, warum nicht auch die Dichte- oder die aus beiden resultirenden Strömungen? wie die Mohnschen Untersuchungen selbst ergeben haben. Dies ist um so auffälliger, als doch im allgemeinen die Windströmungen bei weitem den Hauptbeitrag zu der resultirenden Strömung liefern und man deshalb auch erwarten darf, dass sie ähnliche Veränderungen des Meeresniveaus bewirken werden. Für ein Stromsystem, dessen Achse nicht ungefähr in die Mitte des Meeresraumes gerückt ist, wie im europäischen Nordmeer, wird man darum schwerlich verlangen können, dass die Erhebung an fortlaufenden Küsten stets die gleiche sei, wie z. B. im nordatlantischen Ozean Westeuropa entlang oder schon Grönland entlang. Sollte sich aber diese Bedingung als nothwendig erweisen, so würde man auf stromlose Punkte, von denen aus die Parabeln gelegt werden, verzichten müssen und wird Stromachsen parallel zu den Küsten einzuführen sich genöthigt sehen, welche man so lange schiebt und dreht, bis ihre Lage das gewünschte Ergebniss zu liefern ermöglicht. Die Konstruktion der Windfläche wäre damit von dem Erfolge eines Probirens abhängig, was für komplizirte Meeresräume zeitraubend und bezüglich des Resultates unsicher sein dürfte.

Unter diesen Umständen dürfte es vielmehr rathsamer erscheinen — allerdings nur dann, wenn es sich um angenäherte Bestimmung lediglich der Oberflächenströmungen handelt (s. S. 19), denn die Berechnung der Tiefenströmungen beruht noch im wesentlichen auf derselben — überhaupt darauf zu verzichten, die Deformationen der Meeresoberfläche durch die Windströmungen zu berechnen. Man wird vielleicht klüger thun, aus der Dichtigkeitsfläche die Dichteströmungen zu bestimmen, analog etwa, wie dies aus der Stromfläche (s. S. 19) geschehen und wird dann für zahlreiche Punkte des Meeres nach dem Prinzipe des Kräfteparallelogramms die beiden Stromsysteme kombiniren. Auf diese Weise erspart man sich viel Arbeit und manches Kopfzerbrechen, welches die Berechnung der Windfläche erfordert, da Mohn keine allgemeine Theorie derselben giebt, sondern nur die speziellen Verhältnisse des europäischen Nordmeeres berücksichtigt, während andererseits die Berechnung der Dichteströmungen aus der Dichtigkeitsfläche mittels graphischer Hülfsmittel sich einfach gestaltet und obendrein die Darstellung der Dichteströmungen die Wirkung der Dichteunterschiede im Meere anschaulicher macht, als die Dichtigkeitsfläche. Als Vorzug der Mohnschen

Digitized by Google

Flächentheorie muss man allerdings bezeichnen, dass die „Stromfläche" die Strömungsverhältnisse aller Punkte der Oberfläche darstellt, wogegen die oben entwickelte Methode dieselben nur für eine grössere oder kleinere Anzahl beliebiger Punkte zum Ausdruck bringt. Dagegen vermeidet letztere z. Th. die Willkürlichkeiten, die sich bei Konstruktion von Flächen auf Grund beliebiger Anhaltspunkte gar nicht umgehen lassen. Eine derartige, rein mechanische Kombination nach dem Prinzipe des Kräfteparallelogrammes ist für die Irmingersee versuchsweise durchgeführt worden. Als Maasseinheit sind 2 mm gleich 1 cm Stromgeschwindigkeit pr. Sekunde genommen. Die angedeutete Stromrichtung bezieht sich selbstverständlich nur auf den Punkt, von dem aus der Stromstrich (Pfeil) gezogen ist.

No.	Ort		Dichteströmungen in cm pr. sek.	Windströmungen in cm pr. sek.	Resultirende in cm pr. sek.	Oberflächenströmung n. Mohn in cm pr. sek.
	N-Br.	W-Lg				
1	67°	21°	12	8	3.7	12
2	66	32	3.5	9	12	14.8
3	65	12	5.7	5	11	10
4		30	1.5	12	13.3	6.7
5		38	5	8	13	14.8
6		55	13	4	10	10.5
7	64°	11	10	4	14	9.3
8		25	1.2	10	9	6.5
9	63°	32	1.3	4	3	3
10		35	0	7.3	7.3	5.7
11		38	5	10	15	13.5
12		53	13	3	12	13.5
13	62°	12.5	2.5	9	11.3	10
14		15	8.5	8	14.7	10.6
15		17	3.3	9	11.7	5

No.	Ort		Dichteströmungen in cm pr. sek.	Windströmungen in cm pr. sek.	Resultirende in cm pr. sek.	Oberflächenströmung n. Mohn in cm pr. sek.
	N-Br	W-Lg				
16	62°	38°	3.5	6	9	7.5
17		41	10	8	17.7	15
18		21	1.1	7	6.3	4.6
19	61°	25	2.1	5	7	6
20		36	0	4	4	6
21		40	6	8	14	8.5
22		51	7.7	2	9	5.1
23		56	4.2	12	8	5.1
24	60°	30	1.9	4	6	5.9
25		41.5	13	7	19.7	15
26		48	8	7	13	15.5
27	59°	42	8	6	11.7	13.1
28		44	12	6	12.7	15.7
29		47	11.3	4	11.7	10.5
30	58°	45	8.7	2	8.3	9.9

Die Darstellung der Windströmungen war in diesem Falle sehr einfach, da sowohl Richtung und Stärke derselben bekannt waren (s. S. 11) oder doch leicht festgestellt werden konnten. Zur Ermittelung der Dichteströmungen ist die Dichtigkeitsfläche benutzt und zwar lassen sich dieselben daraus, analog der Oberflächenströmung aus der Stromfläche, bestimmen (s. S. 19). Die Stromrichtung ist also parallel den Linien gleicher Erhebung angenommen derart, dass man das Steigen (die Erhebung) zur Rechten, die Senkung der Fläche zur Linken hat. Die Stärke ist nach der hyperbolischen Formel $u = \frac{\Delta h}{\Delta . x . 2 \varepsilon k}$ gefunden, in welcher die Grössen in der auf S. 19 angegebenen Bedeutung gebraucht sind. Zu den Windströmungen habe ich nichts zu bemerken, sondern verweise auf den betr. Abschnitt (S. 11). Die Dichteströmungen sind aus der Dichtigkeitsfläche, analog wie die Oberflächenströmungen aus der Stromfläche (s. S. 19), gefunden. Führt man diese Konstruktionen auf Pauspapier aus, so kann man höchst einfach und bequem durch Uebereinanderlegen der Pausen die resultirenden Oberflächenströmungen mit Zirkel und Lineal nach Richtung und Stärke festlegen. Obendrein bringen derartige Darstellungen alle Verhältnisse ebenso übersichtlich zum Ausdruck, als es die Mohnschen Flächen thun; z. B. das Verhältniss von Dichte- zu Windströmungen, ihren Antheil an den Oberflächenströmungen u. s. w. wird selbst ein Eingeweihter nur schwer aus den graphischen Darstellungen der Zustände durch die bezügl. Flächen herauslesen, während die mechanischen Darstellungen selbst für Laien verständlich sind. Schliesslich fallen auch die Einwände fort, die gegen die Windfläche erhoben sind.

Was sodann die Dichtigkeitsfläche angeht, so sind dagegen ebenfalls Bedenken geltend gemacht worden. Zunächst bedarf es eines Beweises, dass „die Grenzfläche", die Schicht des Zeichenwechsels der Druckunterschiede, mit einer Niveaufläche zusammenfällt, ein Beweis, der nicht leicht zu erbringen sein wird. Doch angenommen, es sei wirklich der Fall und dies leuchtet im allgemeinen auch ein, so ist doch noch eine viel bedenklichere Schwierigkeit, die Festlegung der Grenzfläche, worauf bereits oben (S. 16) hingewiesen wurde. Die Arbeit von Dr. Engelhardt: „Ueber die Dichtigkeitsfläche der Ostsee", hat gezeigt, dass die Grenzfläche keineswegs immer in konstanter Tiefe anzunehmen ist, sondern dass dies nur in hinreichend

Digitized by Google

tiefen Meeresbecken der Fall sei; ferner aber, dass sie sich ausgedehntereren Erhebungen, wenn auch nur in geringem Maasse, anschliesst. So wird man im atlantischen Ozean die Lage der Grenzfläche etwa in 500 Faden, rund 1000 m anzusetzen haben. Im nördlichsten Theile dagegen muss man bis 300 Faden oder 550 m hinaufrücken; über den sogenannten Gründen vor dem Kanal endlich sowie der Newfoundlandbank hat man sie in nur etwa 30—60 m Tiefe zu suchen, wie auch die thermischen Profile deutlich zum Ausdruck bringen. Höchst wahrscheinlich besteht ein Zusammenhang zwischen diesen Beziehungen der Grenzfläche und jener Erscheinung, dass die Meeresströmungen den Küstenbänken ausweichen — wofür der Floridastrom längs der amerikanischen Küste ein klassisches Beispiel bildet, wie sowohl Verlauf der Wasser-Isothermen als auch der Isohalinen der Oberfläche deutlich zeigt — oder sich verbreiten beim Ueberfliessen einer Bank. Diese Verhältnisse mit in Rechnung zu ziehen wird aber wohl schwerlich gelingen. Man könnte höchstens unter Zuhilfenahme mehrerer getrennter Grenzflächen für verschiedene Theile des zu betrachtenden Meeres auch dieser Anforderung der Grenzfläche, sich über flachen Gebieten zu heben, gerecht werden, muss dann aber natürlich auf eine einheitliche Dichtigkeitsfläche verzichten. So wird man für die Beltsee und die Ostsee und vielleicht auch für die Nordsee eine höher gelegene Grenzfläche als für das europäische Nordmeer annehmen müssen; oder für die Gegend der Bank von Newfoundland oder die Gründe vor dem Kanal eine höhere als für den atlantischen Ozean und diese wieder tiefer als für das Nordmeer u. s. w.

Zum Schlusse ist noch die Frage zu erörtern: Liefert dieses Mohnsche Verfahren auch alle Meeresströmungen nach Stärke und Richtung; wird also ein so ermitteltes Strombild wenigstens angenähert die Strömungsverhältnisse zum Ausdruck bringen? Oder giebt es vielleicht doch noch wesentliche Einflüsse, die nicht berücksichtigt sind? Mit anderen Worten: Sind die direkten Einwirkungen des Windes und die Dichteunterschiede die einzigen Hauptursachen der Meeresströmungen? Im grösseren Theile der von mir behandelten Region des nordatlantischen Ozeans trifft es ohne Zweifel zu; ausgenommen sind die Gegenden des Ostgrönlandstromes, des Labradorstromes und vor allem des Floridastromes. Schon dass diese Strömungen durch besondere Namen ausgezeichnet worden sind, beweist, dass sie sich durch ihre Stärke von den gewöhnlichen Windtriften dieses Gebietes auszeichneten, sodass also zu ihrer Berechnung die Mohnsche Methode nicht ausreicht, sondern noch andere Entstehungsursachen angenommen werden müssen als direkte Windwirkung und Dichteeinflüsse, besonders für den Floridastrom, der in Wirklichkeit noch südlich von Newfoundland mehr als die 3fache Stärke aufweist, als die Berechnung ergiebt. Eine derartige empirische Bestimmung der Meeresströmungen aus den physikalischen Verhältnissen nach obiger Methode liefert also im allgemeinen nicht genau die Strömungen, wie sie sich in Natur vorfinden.

Während demnach das Mohnsche Verfahren ein der Wirklichkeit in allen Theilen entsprechendes Strombild zu konstruiren nicht gestattet, so dürfte andererseits diese Methode vielleicht ein Mittel liefern, um die eine oder andere von Mohn nicht berücksichtigte Ursache der Meeresströmungen nach ihrem Werth und Einfluss bei der Stromerzeugung zu bestimmen. Man wird dazu die Untersuchungen auf ein möglichst ausgedehntes Gebiet erstrecken, am besten für einen der drei Ozeane oder für den ganzen irdischen Ozean. Man gehe analysirend vor, indem man zunächst das Gesamtströmungssystem des Weltmeeres z. B. für das Mittel aus 30 Beobachtungsjahren etwa, welches sich an der Hand des bisher gesammelten Materials über Stromrichtung und Stärke mit zweckentsprechender Vollständigkeit angenähert anfertigen liesse, mit dem Windströmungssystem, wie dasselbe in obiger Darstellung (s. S. 12) gewonnen ist, derart nach dem Prinzipe des Kräfteparallelogramms kombinirt, dass man alle diejenigen Strömungen aussondert, welche direkter Windwirkung ihre Entstehung verdanken. Von den nach Abzug der Windströmungen restirenden Strömungen kann man dann noch durch ein analoges Verfahren die Dichteströmungen abspalten, obwohl dieses Unternehmen weniger Aussicht auf Erfolg hat wegen der Spärlichkeit des Materials und der Schwierigkeit, für die ganze Erde z. B. die Grenzfläche festzulegen. Ohne Zweifel würde eine derartige Bearbeitung für die Theorie der Dichtigkeitsflächen von grossem Werthe sein, sich aber auch entsprechend schwierig gestalten. Eine Vereinfachung des Verfahrens ist indes nicht ausgeschlossen, da sowohl aus den Mohnschen, wie auch den von mir berechneten Werthen sich angenähert die Beziehung $\frac{dh}{(1.02783-\Sigma)} = \frac{533.74}{1-\beta\cos 2\varphi} = \frac{1}{2}$ ergiebt, so dass damit die ziemlich umfangreichen Rechnungen zur Bestimmung der Koordinaten der Dichtigkeitsfläche in der Hauptsache auf die Berechnung von Σ zurückgeführt wäre, indem $dh = \frac{1.02783-\Sigma_{300\,F}}{2}$ ist. Der Bestätigung bedarf allerdings noch, ob diese Relation auch für beliebiges Σ gilt, da sie zunächst

Digitized by Google

nur für Σ_{300F}, d. h. den mittleren Salzgehalt der obersten 300 Faden gilt. Nach dieser Zergliederung des Systems der gesamten Meeresströmungen wird eine kritische Behandlung des Restes möglicherweise (wie auch der Vergleich ähnlicher Verhältnisse an verschiedenen Punkten der Erde) Anhaltspunkte liefern, welche gestatten, über die anderen stromerzeugenden Kräfte einigen Aufschluss zu erhalten. Man wird dann z. B. die[83]) Stauwirkung der kontinuirlich nach den Küsten zu wehenden Winde schätzen lernen; vielleicht vermag man sogar auf diese Weise einigen Aufschluss über die Bedeutung der Verdunstung und Niederschläge für die Stromerzeugung zu erhalten, indem man graphische Darstellungen der Vertheilung der relativen Luftfeuchtigkeit sowie der Niederschläge hinzuzieht.

Weshalb endlich das Mohnsche Verfahren, die Meeresströmungen aus den physikalischen Verhältnissen abzuleiten, bis vor kurzem keine weitere Anwendung gefunden, ist verständlich, wenn man die Schwierigkeiten, Mühe und den Zeitaufwand berücksichtigt, die eine solche Arbeit erfordern. Indem ich durch vorliegende Abhandlung diese Uebelstände nach Kräften verringert zu haben glaube, schliesse ich in der Hoffnung, zur Wiederbelebung der angeregten Materie, deren Bedeutung für die Theorie der Meeresströmungen nicht zu unterschätzen ist, beigetragen zu haben.

[83]) Annalen der Hydrographie etc. 1891, S. 501.

Text zu den Karten.

Karte I. **Windfläche der Irmingersee.**

Dieselbe ist unter Benutzung von Parabelschnitten, welche senkrecht zur Strömung von den stromlosen Punkten *A*, *B*, *C*, *F* aus gelegt sind, konstruirt. Die Scheitel der Parabeln fallen in diese Punkte, mit Ausnahme der Transversalen VII_n, VIII_n und IX_n, deren Scheitel im Innern von Grönland liegen. Die Axen dieser drei, sowie die der von *C* und *F* aus gezogenen Parabeln sind niederwärts gerichtet (nach dem Erdmittelpunkte hin), die der anderen aufwärts. Dadurch wird der Bedingung genügt, dass man mit dem Strome blickend, stets zur Rechten das Heben, links das Senken der Windfläche bemerkt. Die andere Voraussetzung bezüglich der gleichen Höhen an fortlaufenden Küsten ist indess nicht erfüllt, obwohl, wie angedeutet, für die ost- und westgrönländischen Küsten eventuell durch Einführen stromloser Axen statt der Punkte *A* und *B* parallel zu den grönländischen Küsten, sowie durch Verschieben derselben diese Bedingung sich hätte erfüllen lassen. Für die europäischen, sowie die nordamerikanischen Küsten kann indess ein solches Probiren von vornherein als vergeblich bezeichnet werden; doch ist auch für die Irmingersee auf die Anwendung derartiger Willkürlichkeiten verzichtet, da die Windfläche für das ganze Gebiet sich als einheitliches Gebilde erweist, insofern als z. B. für den Punkt *D* mittelst dreier verschiedener Schnitte derselbe Werth gefunden wurde, ebenso für *C* und *F*. Es sei hier noch bemerkt, dass es wohl möglich ist, auch die indirekten Windwirkungen durch die Windfläche zum Ausdruck zu bringen, wovon aber hier abgesehen ist. Ein weiteres Bedenken ist mir bei der Berechnung der Zwischenhöhen 0.1 m, 0.2 m und weiter aufgestiegen, da die Mohnsche Formel verlangt, dass die Stromstärke im Verhältniss zum Abstande vom Parabelscheitel zunimmt. Für die Irmingersee und Davisstrasse besteht nun in der That diese Beziehung, sodass die Anwendung dieser Formel auf die Transversalen des auf vorliegender Karte dargestellten Gebietes zulässig war. Als x_n in der Formel $x_n \frac{\sqrt{h_n}}{\sqrt{h}}$, wo $n = 0.1, 0.2 \ldots$ zu setzen ist, ist für die Schnitte II—VI und XVIII die Entfernung von *A* bis zum Kartenrand genommen. Die Linien gleicher Erhebung sind in Abständen von 10 zu 10 cm gezogen und verlaufen parallel den Strömungen. Ferner sind auf dieser Karte die Parallelogramme eingetragen, die zur Bestimmung der Oberflächenströmung dienen mit Umgehung der Wind- und Stromfläche.

Digitized by Google

Karte II. **Dichtigkeitsfläche der Irmingersee.**

Sie ist die Fortsetzung der von Mohn für das europäische Nordmeer konstruirten, da beide auf dieselbe Grenz- und Niveaufläche in 300 Fuss Tiefe bezogen sind und auch die gleichen Formeln zur Berechnung benutzt wurden. Die Linien gleicher Erhebung sind indess hier von 5 zu 5 cm gezogen. Die daran befindlichen Pfeilspitzen geben die Richtung an, in welcher die Dichteströme sich bewegen. Auch in dieser Karte sind die Parallelogramme, durch welche die Oberflächenströmung rein mechanisch bestimmt ist, eingezeichnet.

Die Stärke der Dichteströmungen (Länge der dickpunktirten Linien) ist nach dem gleichen Verfahren gefunden, wie die Pfeile auf Karte III (S. 19). Die Bedeutung der Signaturen ist auf den Karten selbst angegeben.

Karte III. **Stromfläche der Irmingersee.**

Dieselbe ist, wie die Windfläche, durch Linien gleicher Erhebung über die Niveaufläche des tiefsten Punktes von 10 zu 10 cm dargestellt. Die Pfeilspitzen daran zeigen die Richtung der Oberflächenströme an; der Abstand der Linie giebt dagegen ein Maass für die Stärke. Mohn hat ausserdem im Generalbericht der Nordmeer-Expedition auf Grund der obigen Formeln konstruirte, gleichseitige Hyperbeln zwischen 55°—80° N-Br. veröffentlicht, welche also auch für die Irmingersee passend gestatten, die Stromstärke aus dem Abstande der Isohypsen der Stromfläche graphisch zu finden. Diese so gefundenen Stromgeschwindigkeiten sind in der Weise, wie auf den beiden vorigen Karten, obendrein durch dicke Striche wiedergegeben — wo wieder $1^1/_2$ mm Länge gleich 1 cm Stromstärke — und zwar zum Vergleich für dieselben 30 Punkte. Die dünn ausgezogenen Linien der Karten II und III und diese dicken Linien ermöglichen einen direkten Vergleich der beiden Methoden zur Bestimmung der Oberflächenströmung.

Karte IV. **Die Oberflächenströmung des nordatlantischen Ozeans nördlich von 40° N-Br.**

Wie sich dieselben auf Grund der Stromkarte der Irmingersee (III), der Windströmungskarte des ganzen Gebietes, sowie unter Hinzuziehung der Litteratur und neuesten Karten für das Jahresmittel ergeben, bringt diese Karte zum Ausdruck. Dieselbe ist, wie oben angedeutet, ein Versuch, die wichtigsten Eigenschaften der Meeresströmung zu veranschaulichen.

Es ist zunächst die ganze Meeresfläche strömend dargestellt, entsprechend der Kontinuitäts-Bedingung, allerdings im Gegensatz zu den meisten Stromkarten. Hierdurch dürfte der ziemlich verbreiteten, irrigen Meinung vorgebeugt werden, als ob die Gegenden der Meere, welche auf den Stromkarten offen gelassen sind, stromlos seien, was keineswegs der Fall ist. Da aber in solchen Gebieten meist sehr schwache, unbeständige Strömungen zu herrschen pflegen, muss auch auf sie Rücksicht genommen werden. Die Beständigkeit ist durch die Länge und Stärke der Stromlinien, deren Pfeilspitzen die Richtung angeben, angedeutet, und zwar je länger, d. h. nicht unterbrochen, und je dicker eine Linien, um so beständiger ist die Strömung, wie z. B. der Florida-(Golf-)Strom, der Cabotstrom, soweit sie in Betracht kommen, dann auch der Ostgrönland-, Labrador- und Irminger-Strom; dünne, kurze, d. h. häufig unterbrochene Linien bezeichnen dagegen unbeständige Meeresströmungen; so sind diejenigen im Busen von Biscaya, auf der Newfoundlandbank, im Stromkreise der Irmingersee z. B. sehr wenig beständig. Auf diese Weise lässt sich auch viel leichter die wahre Ausdehnung der Meeresströme zum Ausdruck bringen, indem vorliegende Karte kaum die falsche Auffassung hervorrufen wird, dass z. B. der Floridastrom selbst die europäischen Küsten erreicht. Die Gegenden häufiger Stromstillen, gemäss der Schottschen Stromkarte, sind durch Kreise bezeichnet.

Während man also zur Darstellung der Beständigkeit nur einer Stromlinie bedarf, hat man, um die Stromstärke zum Ausdruck zu bringen, deren zwei nöthig, da dieselben durch den Abstand zweier benachbarter angedeutet ist, derart, dass der Abstand umgekehrt proportional der Stärke gesetzt ist.

So entsprechen:

einem Abstande von	$1^1/_2$	mm	...	$1^1/_2$	Seem.	pro	Std.
»	»	2	»	...	1	»	»	»
»	»	$3^1/_3$	»	...	$^5/_8$	»	»	»
»	»	4	»	...	$^1/_2$	»	»	»
»	»	$4^2/_3$	»	...	$^5/_{12}$	»	»	»
»	»	$5^1/_3$	»	...	$^3/_8$	»	»	»
»	»	6	»	...	$^1/_3$	»	»	»
»	»	8	»	...	$^1/_4$	»	»	»
»	»	10	»	...	$^1/_5$	»	»	»
»	»	12	»	...	$^1/_6$	»	»	»

Digitized by Google

Dazu ist noch an verschiedenen Stellen die Stromstärke mit Ziffern in die Karte eingetragen. Sehr schön sieht man hier den Zusammenhang zwischen Abnahme der Geschwindigkeit und Verbreiterung der Strömung, z. B. bei dem Floridastrom und der Westwindtrift. Nicht immer wird jedoch ein derartiges Verfahren durchführbar sein, wie z. B. in Meeresstrassen oder engen Becken wird man sich am zweckmässigsten kurzer Pfeile, womöglich in anderer Farbe bedienen, wie es für die Gezeitenströme geschehen ist. Was diese angeht, welche eigentlich auf einer Strömungskarte nicht fehlen dürften, so sind dieselben, da sie nicht in den Rahmen dieser Arbeit fielen, nach anderen Karten (Ann. der Hydrogr. etc. 1889, S. 360) und auf Grund von Litteraturangaben (Ann. der Hydrogr. etc. 1887, S. 271) eingetragen worden. Die Pfeile ohne Fähnchen bezeichnen Ebbe-, die gefähnten Fluthstrom (nach Perthes: Seeatlas). Das Gebiet vorwiegender Gezeiten ist durch Parallel-Strichelung markirt (nach Krümmel, Ozeanographie, Karte der Meeresströmungen).

Ferner sind auch noch warme und kalte Meeresströmungen unterschieden, wo unter „kalt" das Wasser mit einer Jahresanomalie von 0° und weniger bezeichnet werden soll, unter „warm" das mit positiver Anomalie (nach Köppen, Karte, Ann. d. Hydr. etc. 1898). Erstere sind ausgezogen, letztere gestrichelt. Da sich im vorliegenden Falle die Begriffe „kalter Strom" und Polarstrom nicht überall decken, so ist, um auch die Herkunft des Wassers anzudeuten, das nicht polare durch gewellte Stromlinien wiedergegeben, wie z. B. Cabotstrom, sowie das kalte Auftriebwasser in der linken Flanke des Golfstromes. Ferner ist noch die 200 m Linie, die bei Gelegenheit der Dichtigkeitsfläche Erwähnung fand, durch eine gestrichelte, sowie die Packeisgrenze durch die Bandlinie angedeutet (nach The Danish Ingolf-Expedition). Dagegen ist von der Eintragung der Grenze des Treibeises sowie anderer Treibprodukte abgesehen.

Anmerkung: Ausser den folgenden 4 Karten befinden sich in dem handschriftlichen Exemplare noch 3 weitere Karten, sowie 2 Pausen und zwar je eine Isobaren- und Windkarte für Jahr und Januar; über letzterer auf Pausleinen die Darstellung der Windströmungen für diesen Monat; ferner eine Windströmungskarte für das Jahr nach dem in der Abhandlung entwickelten Verfahren mit einer gleichen nach der Mohnschen Methode als Vergleichspause darüber. Ausser dem Verfasser besitzen die Deutsche Seewarte, sowie Herr Professor Dr. Krümmel eine Kopie des handschriftlichen Exemplars.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

AUS DEM
ARCHIV DER DEUTSCHEN SEEWARTE.
XXII. Jahrgang 1899.
Herausgegeben von der Direktion der Seewarte.

No. 5.

Wissenschaftliche Grundlage einer Wettervorhersage auf mehrere Tage voraus.

Von

Prof. Dr. **W. J. van Bebber.**

Mit 16 im Texte gegebenen Figuren.

HAMBURG, 1899.

Gedruckt bei Hammerich & Lesser in Altona.

Digitized by Google

Digitized by Google

No. 5.

Wissenschaftliche Grundlage einer Wettervorhersage auf mehrere Tage voraus.*)

Von Prof. Dr. **W. J. van Bebber.**

Im Jahre 1897 habe ich im „Wetter“**) die Hauptwetterlagen oder die Hauptwettertypen in Europa ausführlich besprochen und zwar in der doppelten Absicht, erstens, um eine allgemeinere Verbreitung des Verständnisses der Witterungserscheinungen in unseren Gegenden auf Grundlage der täglichen synoptischen Wetterkarten anzubahnen und zweitens, um dem grossen Publikum eine Anleitung zur Beurtheilung der jeweiligen und der zu erwartenden Witterung in gemeinverständlicher Darstellung zu geben, so dass Jeder in Stand gesetzt würde, einen grösseren Nutzen als bisher aus dem von den meteorologischen Instituten und dem von den Zeitungen täglich veröffentlichten Material sich zu verschaffen. Es handelte sich darum, mehr oder weniger neue Gesichtspunkte für die Wettervorhersage zu schaffen, diese auf eine breitere Grundlage zu stellen und ihr eine allgemeinere Verbreitung zu geben. Hieraus ergab sich für die Bearbeitung ein doppelter Gesichtspunkt: zunächst galt es, dem Fachmeteorologen die neue Methode wissenschaftlich zu begründen und darzuthun, auf welche Weise diese sich praktisch und mit Erfolg verwerthen lässt, dann aber auch die Grundlehren der ausübenden Witterungskunde in einfacher verständlicher Form zu entwickeln und an die Wettervorhersage anzulehnen, und so das Publikum zu einem selbständigen begründeten Urtheil über den Verlauf der Witterungserscheinungen zu befähigen.

Soll aber die Wettervorhersage bei den breiteren Schichten der Bevölkerung Eingang finden, so ist es naturgemäss nothwendig, dass ihre Grundlage sowie ihre Anwendung einfach sind und leicht dem Gedächtnisse eingeprägt werden können, wobei allerdings die Zuverlässigkeit und damit auch der Grad der Nutzbarmachung mit fortschreitender Uebung erhöht wird. Bisher richtete man bei Aufstellung der Wettervorhersagen, wenn auch nicht ausschliesslich, so doch hauptsächlich das Augenmerk auf das Verhalten der barometrischen Minima, allein ihre leichte Beweglichkeit, ihre grosse Veränderlichkeit und die Unsicherheit in der Fortpflanzungsrichtung mussten zu vielen unvermeidlichen Trugschlüssen führen, welche die Verwerthung der Wettervorhersagen fast ganz in Frage stellten. Nicht so sehr die Minima an und für sich, sondern ihr Verhalten nach Aussen hin, die Ausbuchtungen der Isobaren, die Bildungen von Theildepressionen, welche meist mit aussergewöhnlicher Geschwindigkeit grosse Länderstrecken durcheilen, sind es, welche Wind und Wetter in hohem Grade beeinflussen und daher die Wettervorhersage so unsicher gestalten.

*) Vergl. van Bebber: „Typische Witterungserscheinungen“ in „Aus dem Archiv der Deutschen Seewarte“, Jahrgänge V, No. 3; IX, No. 2; XV, No. 4 und XIX, No. 4; ferner Monatl. Uebersicht der Witterung, Jahrg. 1880, 1881, 1882, 1885; „Die Wettervorhersage“, 2. Aufl., 1898, bei Enke, Stuttgart; „Beurtheilung des Wetters auf mehrere Tage voraus“, bei Enke, Stuttgart, 1896.

**) „Das Wetter“, XIV. Jahrg. 1897, S. 121, 145, 169.

Digitized by Google

Viel vortheilhafter erschien es mir, bei der Wettervorhersage in erster Linie die weit beständigeren Hochdruckgebiete zu Grunde zu legen, ohne dabei die Lage und das Verhalten der Depressionen zu vernachlässigen. Von dem Gesichtspunkte ausgehend, dass der allgemeine Witterungscharakter in unseren Gegenden durch die Lage und die Wechselwirkung der Hochdruckgebiete und der Depressionen bestimmt wird, dass gewisse ähnliche Wetterlagen häufig wiederkehren und eine gewisse Erhaltungstendenz aufweisen (Wettertypen) und dass bei ähnlichen Wetterlagen sich auch ähnliche Witterungserscheinungen zeigen, wobei eine jährliche Periode unverkennbar in die Erscheinung tritt, stellte ich nach reiflicher Ueberlegung fünf Hauptwetterlagen für Europa auf, welche für die Witterung Deutschlands und dessen Umgebung maassgebend sind und welche sich leicht dem Gedächtniss einprägen. Diese Hauptwetterlagen oder Hauptwettertypen sind die folgenden:

Typus I. Hochdruckgebiet über dem Westen Europas (etwa über den britischen Inseln und deren Nachbarschaft), Depressionen über den östlicher gelegenen Gegenden.

Typus II. Hochdruckgebiet über Zentraleuropa (speziell über Deutschland), Depressionen erst in grösserer Entfernung (Strahlungs-Typus).

Typus III. Hochdruckgebiet über Nord- oder Nordosteuropa, Depressionen auf der Südseite dieses Gebietes (am häufigsten über dem Mittelmeergebiete oder über der Biscayasee).

Typus IV. Hochdruckgebiet über Osteuropa, Depressionen im Westen des Erdtheils.

Typus V. Hochdruckgebiet über Südeuropa, Depressionen über nördlicher gelegenen Gegenden.

Zur Untersuchung des Verhaltens der oben angeführten Wettertypen wurden die Wetterkarten der Seewarte für 8 Uhr morgens zunächst aus dem Zeitraume 1886 bis 1895 benutzt und diese nach den Hauptwetterlagen gruppirt. Diese Einordnung in Gruppen gelang in fast allen Fällen, nur in einigen wenigen Fällen erschien diese Einordnung zweifelhaft und dann wurde die Hauptgruppe gewählt, welche in Bezug auf die Witterung Deutschlands am meisten zu entsprechen schien. Der Vergleichung wegen wurde jede der oben angegebenen Hauptwettertypen (mit Ausnahme des Typus II) in zwei Untertypen zerlegt, wie Typus I in Maximum im W und NW, Typus III in N und NE, Typus IV in E und SE und Typus V in S und SW. Indessen zeigte die Untersuchung, dass die Vereinfachung der Anzahl der Wetterlagen von 9 auf 5 durchaus gerechtfertigt ist, wie auch die unten stehenden Tabellen, welche auch die Scheidung in Untertypen grösstentheils enthalten, deutlich nachweisen.

Um nun zu endgültigen Ergebnissen zu gelangen, habe ich in derselben Weise auch das Dezennium 1876 bis 1885 untersucht. Die unten folgenden Tabellen geben eine vergleichende Zusammenstellung der Untersuchungs-Resultate des zwanzigjährigen Zeitraumes von 1876 bis 1895. Eine Reihe von Repräsentanten dieser 5 Hauptwettertypen mit erläuterndem Text habe ich in meiner „Wettervorhersage“ (2. Auflage), im „Wetter“ (1897), sowie in den „Annalen der Hydrographie etc.“ (1897) vorgeführt; auch hier wollen wir dieselben wiedergeben, wobei auf Wiedergabe des Textes verzichtet werden kann (siehe Figuren 3—13).

Häufigkeit der Hauptwetterlagen in der jährlichen Periode.

Die Häufigkeit der Hauptwetterlagen in der jährlichen Periode ist naturgemäss abhängig von der jeweiligen Luftdruckvertheilung und daher erscheint es nicht überflüssig, diese zunächst kurz zu besprechen.

Die nachfolgende Tabelle giebt nach Hann in anschaulicher Weise die Aenderungen in der Luftdruckvertheilung, welche sich im Laufe des Jahres in Europa durchschnittlich vollziehen. Dieselbe enthält die Luftdruckdifferenzen (im Meeresniveau) von ausgewählten Stationsgruppen in den 8 Hauptrichtungen der Windrose.*) Die Hann'schen Zahlen sind auf die gleichen Strecken von 20 Aequatorialgraden, unter Voraussetzung eines gleichförmigen Gradienten, reduzirt.

*) Vergl. Hann: „Die Vertheilung des Luftdrucks über Mittel- und Südeuropa.“ Hölzel, Wien 1887.

Digitized by Google

Tab. 1. **Jährlicher Gang der Luftdruckunterschiede über Europa.**

Richtung	Dez.	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.
N-S ...	−3.5	− 2.5	−2.3	−0.3	−0.8	−0.3	−1.3	−1.7	−1.1	−2.5	−2.5	−1.7
NW-SE ...	−7.4	−10.1	− 6.4	−3.4	−1.3	−0.2	−0.5	−0.3	−1.2	− 4.2	−7.4	−4.8
W-E ...	−2.0	− 3.6	−1.4	−0 5	0.4	1.0	2.7	3.1	1.4	−1.0	−4.4	−3.0
SW-NE ..	1.7	0.8	1.6	1.7	1.8	1.4	3.1	3.4	2.1	0.8	−0.7	0.0
NNW-SSE	− 5.4	− 6.3	−4.4	−2.1	−0 9	0.0	−0.9	−1 0	−1.2	−3.4	−5.0	− 3.2
WSW-ENE	−0.2	− 1.4	0.1	0.6	1.1	1.2	2.9	3.2	1.8	−0.1	−2.5	−1.5

NB. N. St. Petersburg, Upsala, Christiania. — S: Athen, Korfu, Palermo. — NW: Culloden, Thorshavn. — SE: Odessa, Konstantinopel. — W: Paris. — E: Czernowitz. — SW: St. Martin d. H., Lissabon. — NE: Warschau, Lemberg.

Der Luftdruckunterschied zwischen WSW und ENE wechselt im Laufe des Jahres sein Zeichen und ist im Jahresmittel fast Null; der Minderdruck im NNW dauert hingegen das ganze Jahr hindurch an und verschwindet nur im Mai so gut wie ganz. Die Eigenthümlichkeiten der Monate Januar, Mai und Juni werden durch die obigen Zahlen gut gekennzeichnet; die Luftdruckvertheilung des Oktober nähert sich derjenigen des Januar, dazwischen schiebt sich der November mit einer bemerkenswerthen Abschwächung des schon eingetretenen winterlichen Charakters, eine Erscheinung, welche weite Verbreitung findet.

Die beiden folgenden Karten (Fig. 1 und 2) veranschaulichen die Luftdruckvertheilung über Europa in den extremen Monaten Januar und Juli (Nebenkärtchen April und Oktober).

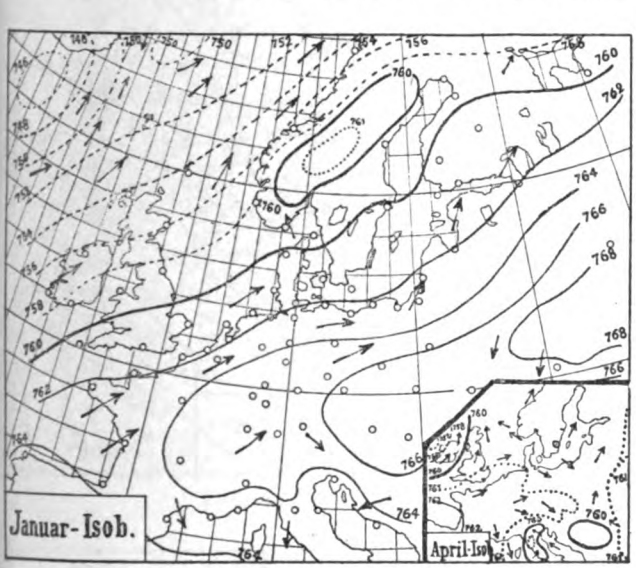


Fig. 1. Mittl. Luftdruckvertheilung im Januar (April).

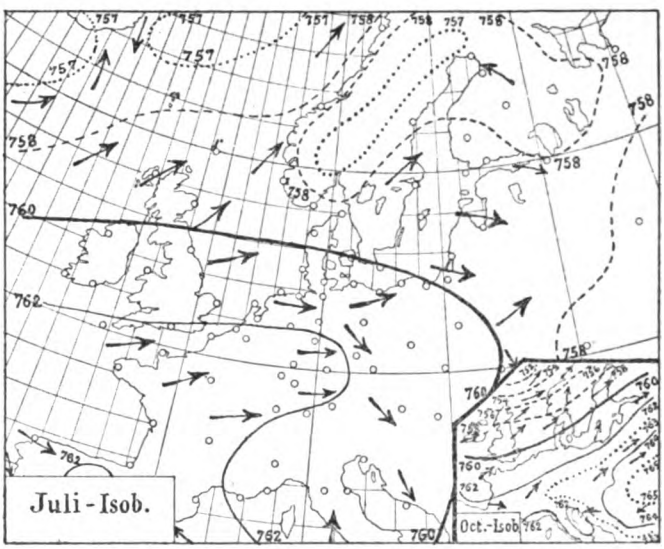


Fig. 2. Mittl. Luftdruckvertheilung im Juli (Oktober).

Im Januar und überhaupt in den Wintermonaten ist der mittlere Luftdruck entschieden am niedrigsten über Nordwesteuropa, in der Gegend von Island, am höchsten über Osteuropa. Das asiatische Luftdruckmaximum ist in dieser Jahreszeit stark entwickelt und erstreckt sich zungenförmig westwärts in den europäischen Kontinent hinein. Die Folgeerscheinung dieser Luftdruckvertheilung ist ein entschiedenes Vorwiegen von feuchtwarmen ozeanischen Winden, welche in breitem lebhaftem Strome unsere Gegenden überfluthen und welche für Deutschland gelinde Winter bedingen. Zahlreiche Depressionen pflegen in dieser Jahreszeit am Nordrande des hohen Luftdruckes in fast ununterbrochener Reihenfolge auf längere Zeit nördlich an uns vorbeizuziehen, mildes, feuchtes, windiges Wetter in unseren Gegenden hervorrufend, wobei aber rasche und erhebliche Schwankungen im Witterungscharakter gerade nicht selten sind. Zuweilen werden diese normalen Verhältnisse in der Luftdruckvertheilung gestört, so insbesondere durch das Erscheinen und Verweilen eines Hochdruckgebietes über West- und Zentraleuropa, sowie durch das Vorhandensein hohen Luftdruckes über Nord- oder Nordosteuropa. Dann wird die Luftzufuhr vom Ozean her gehemmt oder voll-

Digitized by Google

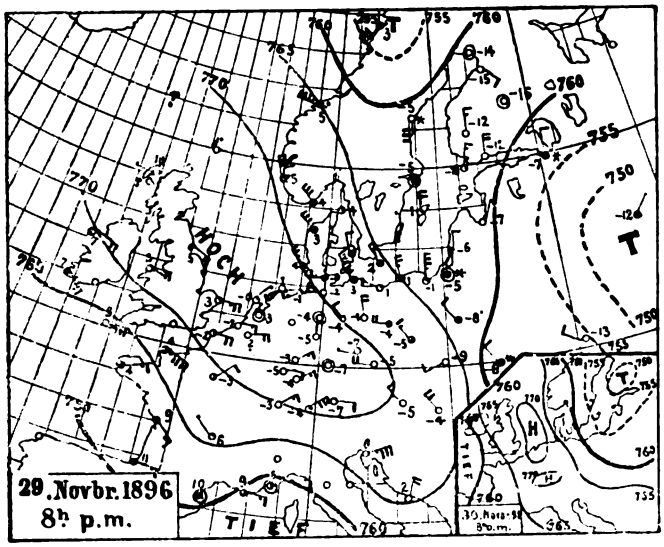


Fig. 3. — Typus I.

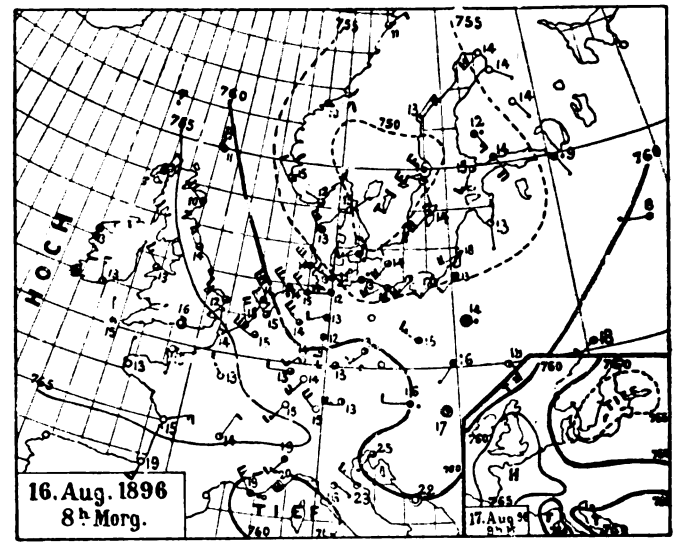


Fig. 4. — Typus I.

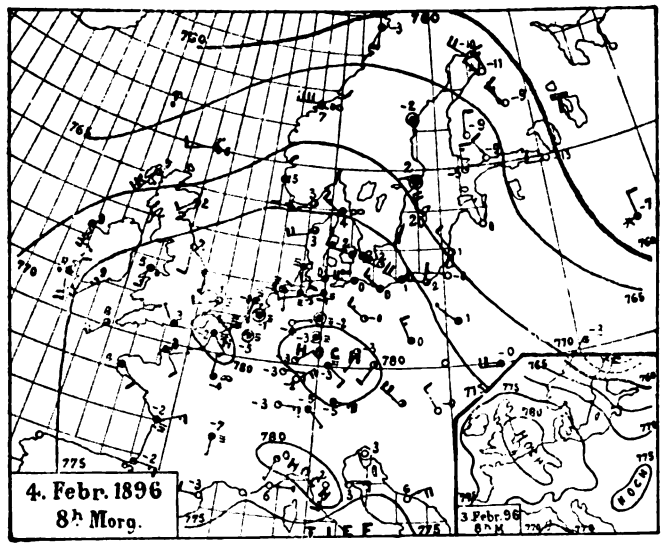


Fig. 5. — Typus II.

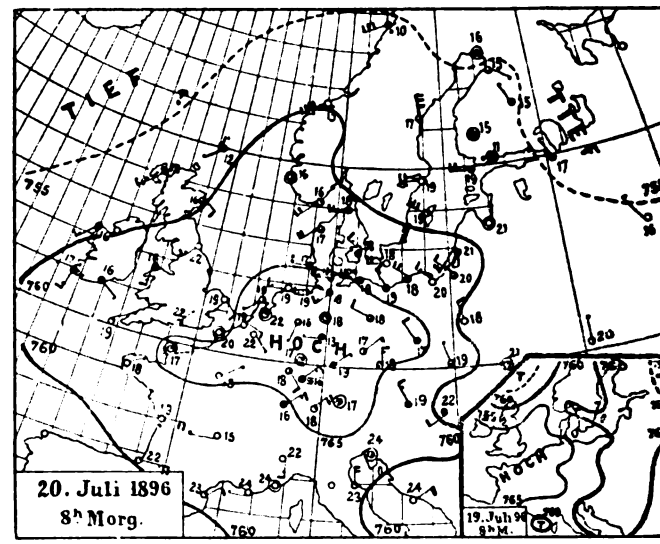


Fig. 6. — Typus II.

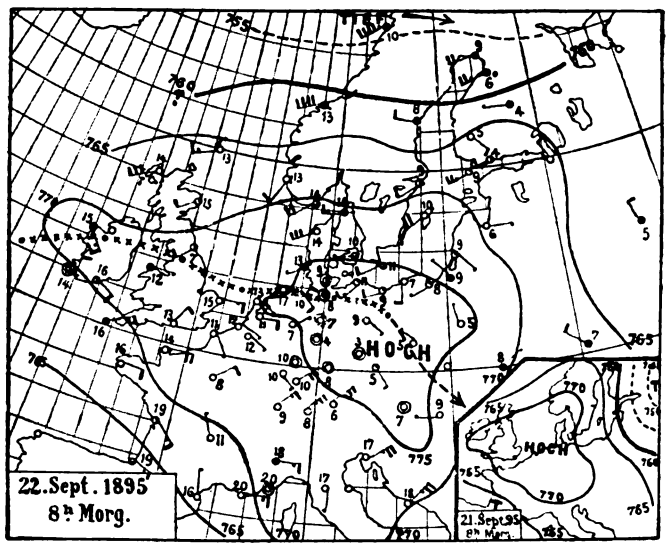


Fig. 7. — Typus II.

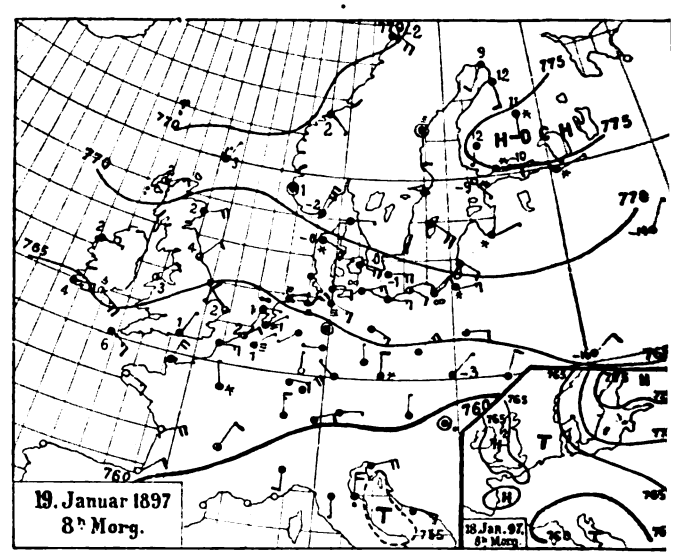


Fig. 8. — Typus III.

Digitized by Google

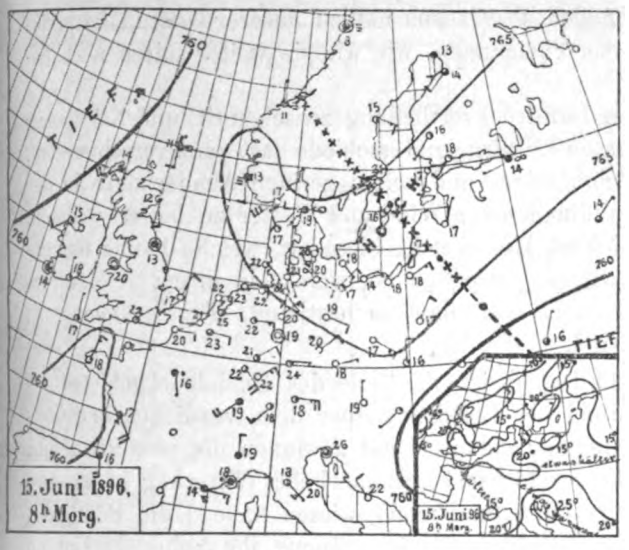


Fig. 9. — Typus III.

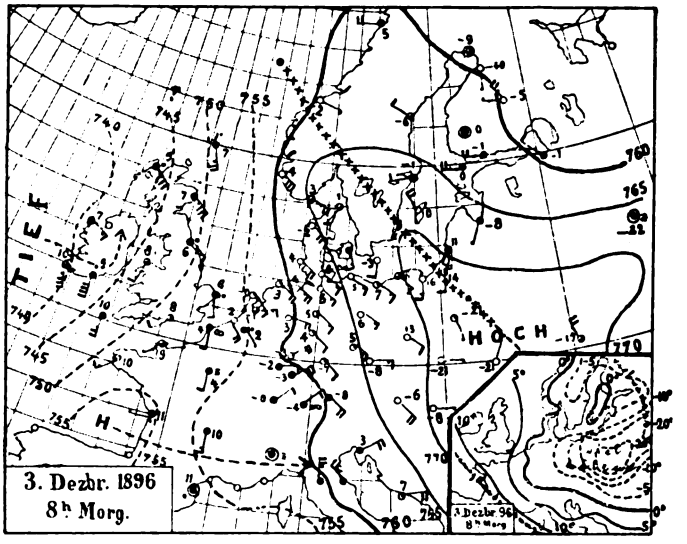


Fig. 10. — Typus IV.

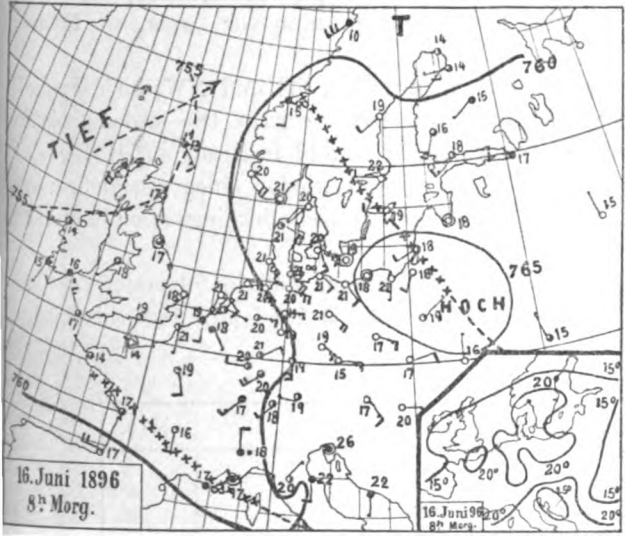


Fig. 11. — Typus IV.

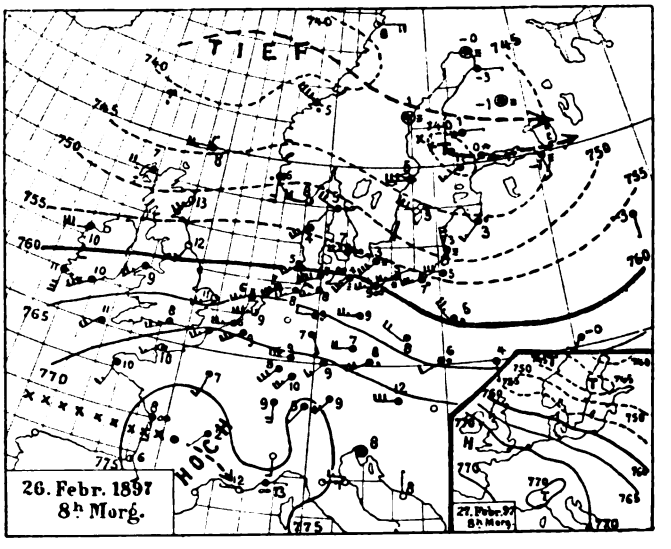


Fig. 12. — Typus IV.

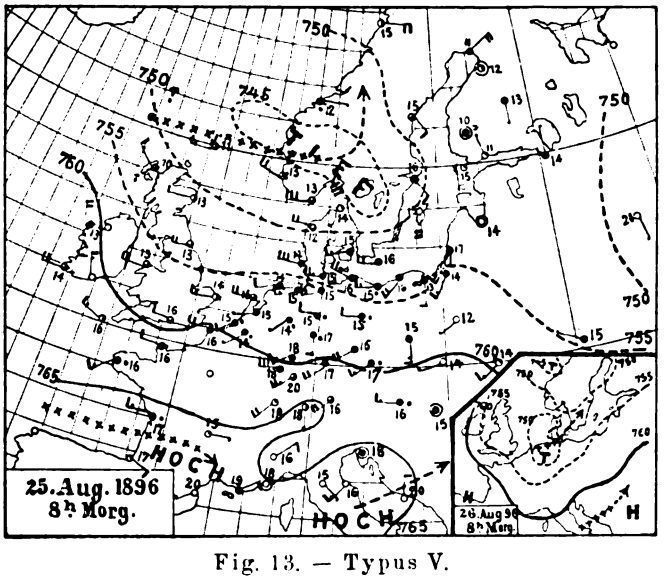


Fig. 13. — Typus V.

Digitized by Google

ständig unterbrochen, nur die Luft aus den nördlichen Theilen des Ozeans hat zu unserer Gegend im ersteren Falle Zutritt, und es ergeben sich hieraus Witterungserscheinungen, wie wir sie weiter unten noch betrachten werden.

Gegen den Frühling hin wird der Gegensatz in der Luftdruckvertheilung zwischen SE und NW immer mehr abgeschwächt; schon im April sind die eben genannten Luftdruckunterschiede fast ganz verschwunden, die mittlere Luftdruckvertheilung wird eine äusserst gleichmässige, und schon geringe Aenderungen in der Druckvertheilung sind hinreichend, um eingreifende Umwandlungen von Wind und Wetter zu bewerkstelligen. Zu dieser Zeit treten im Bereiche der britischen Inseln vielfach Hochdruckgebiete auf, welche häufig längere Zeit liegen bleiben, Winde aus anhaltend nördlichen Richtungen verursachend, welche in ihrem Gefolge veränderliches böiges Wetter und nicht selten Spätfröste haben, die, ohne an bestimmte Tage gebunden zu sein, bis Ende des Monats Mai gerade keine Seltenheit sind.

Im Sommer ist im Innern Asiens eine barometrische Depression an Stelle des Hochdruckgebietes getreten, welche bis in Europa hinein sich ausbreitet, während der Luftdruck über dem westlichen und südwestlichen Europa am höchsten ist. Dieser Luftdruckvertheilung entsprechend gewinnen die westlichen und nordwestlichen Winde die Oberhand, und daher die kühle, feuchte und veränderliche Witterung in unseren Sommern. Im Sommer erreicht, wie ich in einer früheren Abhandlung nachgewiesen habe,*) die Häufigkeit der Hochdruckgebiete, welche im Bereiche der britischen Inseln stationär werden, ihr hohes Maximum. Daher das häufige Auftreten nordwestlicher und nördlicher Winde mit feuchtkühler Witterung in unseren Gegenden; jene stationären Maxima sind es, welche diesen Witterungscharakter oft ganzen Monaten, ja ganzen Jahreszeiten aufdrücken. Abweichungen von demselben kommen hauptsächlich dann vor, wenn ein Hochdruckgebiet über Zentral-, Nord- oder Osteuropa sich befindet.

Nach dem Herbste hin wachsen wieder die Luftdruckunterschiede zwischen SE und NW, so dass die Druckvertheilung wieder in die normalen winterlichen Verhältnisse übergeleitet wird. Die südwestlichen ozeanischen Winde mit ihren feuchttrüben Witterungserscheinungen gelangen sowohl in Bezug auf Häufigkeit als auf Stärke nach und nach wieder zur vollen Herrschaft. Das Wetter nimmt wieder einen beständigeren Charakter an als im Frühjahr und Sommer und starke Witterungsumschläge, welche allerdings auch in dieser Jahreszeit zuweilen vorkommen, werden weniger häufig.

Die Häufigkeit der Hauptwettertypen im Jahre und in den einzelnen Monaten sind in folgender Tabelle übersichtlich veranschaulicht und zwar für die Lustren und Dezennien 1876 bis 1885 und 1886 bis 1895, sowie für den zwanzigjährigen Zeitraum 1876 bis 1895.**)

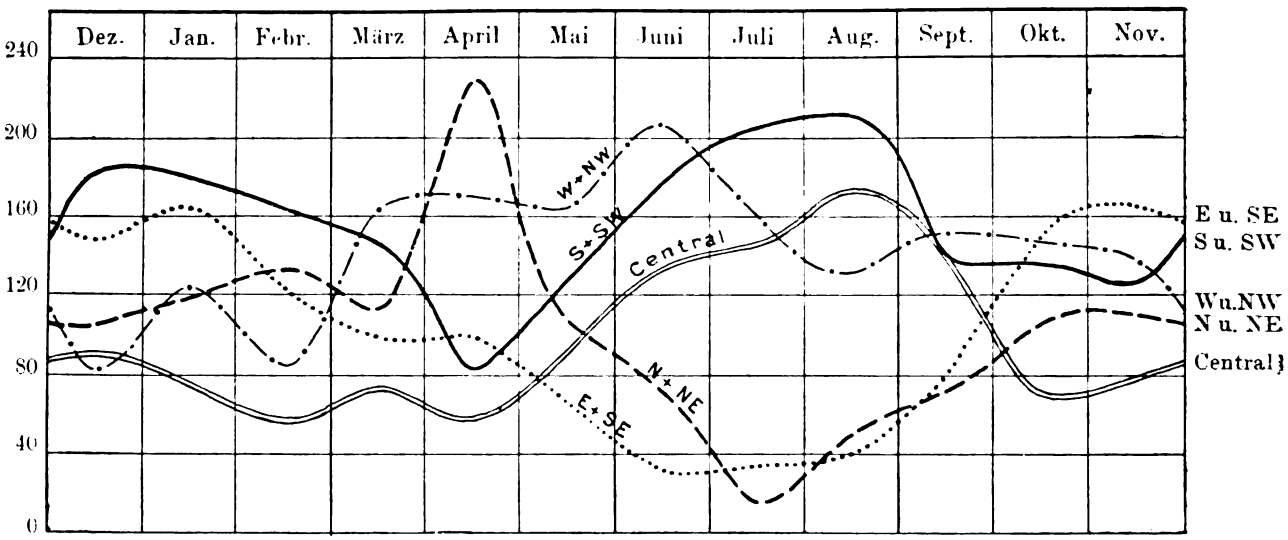


Fig. 14. Häufigkeit der Wettertypen in Tagen. 1876 bis 1895.

*) Vergl. van Bebber: „Das Wetter in den barometrischen Maxima" in „Aus dem Archiv der D. Seew.", 1892 No. 4

**) Die Zahlen stimmen mit den unten angegebenen nicht ganz überein, weil die Perioden oft in die benachbarten Monate übergriffen.

Digitized by Google

Tab. 2a. **Häufigkeit der Wettertypen in Tagen. 1876—85.**

	Anzahl der Fälle													Anzahl der Tage											
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Zentral	N und NE	E und SE	S und SW	W und NW	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Zentral	N und NE	E und SE	S und SW	W und NW
1) Lustrum 1876—80.																									
Dezemb.	8	11	7	11	12	19	10	—	11	8	15	17	12	13	21	14	16	26	34	15	—	23	34	30	58	16
Januar	4	12	9	3	3	6	8	3	10	10	10	8	8	9	34	26	13	6	30	22	4	29	36	37	37	27
Februar	4	5	8	6	15	16	7	1	8	6	12	14	8	7	11	14	12	36	32	12	1	14	13	32	69	13
März	9	1	5	5	11	11	8	2	11	10	7	13	8	23	4	14	5	17	18	34	2	24	30	13	37	35
April	11	9	8	5	6	11	12	8	15	14	11	11	14	36	16	18	8	8	19	35	16	20	54	24	21	51
Mai	9	4	6	4	7	8	10	5	12	8	7	10	10	19	11	9	6	17	16	26	13	21	30	15	33	38
Juni	5	4	6	2	8	13	6	4	22	6	5	18	7	14	5	10	2	13	21	20	4	59	19	15	33	24
Juli	—	1	3	1	9	20	11	4	19	1	3	18	11	—	2	3	1	17	50	28	4	44	2	4	49	39
August	4	5	2	—	9	19	6	2	20	7	2	17	5	14	11	2	—	22	34	15	10	50	25	2	50	25
Septemb.	3	4	4	1	6	13	12	2	15	5	4	13	14	4	18	14	2	16	23	32	2	37	22	11	37	29
Oktober	4	7	11	7	10	9	13	3	13	8	17	14	14	6	15	18	15	18	20	42	6	25	21	32	38	48
Novemb.	3	4	10	11	11	12	12	3	12	19	17	12	11	9	10	23	19	10	15	26	4	23	19	42	28	30
Winter	16	28	24	20	30	41	25	4	29	24	37	39	28	29	66	54	41	68	96	49	5	66	83	99	164	56
Frühling	29	14	19	14	24	30	30	15	38	32	25	34	32	78	31	41	19	42	53	95	31	65	114	52	91	124
Sommer	9	10	11	3	26	52	23	10	61	14	10	53	23	28	18	15	3	52	105	63	18	153	46	21	132	88
Herbst	10	15	25	19	27	34	37	8	40	32	38	39	39	19	43	55	36	44	58	100	12	85	62	85	103	107
Jahr	64	67	79	56	107	157	115	37	168	102	110	165	122	154	158	165	99	206	312	307	66	369	305	257	490	375
2) Lustrum 1881—85.																									
Dezemb.	4	6	7	9	10	13	11	4	8	7	11	11	10	5	13	20	17	24	29	27	5	18	18	37	53	27
Januar	6	4	8	13	10	10	8	4	9	6	15	11	8	10	4	34	16	16	28	20	6	27	14	59	38	26
Februar	5	9	9	9	5	7	4	2	9	9	14	10	6	8	31	24	18	8	15	14	6	15	42	42	23	20
März	6	5	6	6	7	10	15	3	12	7	11	12	16	20	17	9	12	12	24	37	3	19	36	21	39	39
April	14	14	7	5	6	6	7	6	8	13	12	10	11	39	26	17	5	9	11	13	6	14	62	18	20	28
Mai	2	2	7	2	8	17	14	5	18	4	9	19	14	12	3	9	2	12	28	32	18	38	15	11	42	50
Juni	6	7	3	4	7	17	13	4	15	9	5	17	15	10	12	3	7	9	38	47	8	36	27	10	42	55
Juli	2	2	1	4	10	16	11	3	15	3	5	16	8	2	2	2	6	22	32	35	7	39	3	8	45	36
August	4	2	6	1	10	17	9	2	17	4	6	15	8	7	2	7	1	17	46	25	3	42	10	8	62	29
Septemb	5	8	9	7	9	14	11	2	15	10	14	15	10	15	21	15	11	11	24	22	4	27	36	26	26	20
Oktober	10	10	13	8	6	13	11	2	6	14	17	11	11	20	27	33	11	6	31	24	2	11	46	45	37	26
Novemb.	7	8	7	9	10	14	6	5	12	6	16	17	8	18	14	13	18	20	26	13	5	20	32	31	46	18
Winter	15	19	24	31	25	30	23	10	26	22	40	32	24	23	48	78	51	48	72	61	17	60	74	138	114	82
Frühling	22	21	20	13	21	33	36	14	38	24	32	41	41	71	46	35	19	33	63	82	27	71	113	50	101	117
Sommer	12	11	10	9	27	50	33	9	47	16	16	48	31	19	16	12	14	48	116	107	18	117	40	26	149	120
Herbst	22	26	29	24	25	41	28	9	33	30	47	43	29	53	62	61	40	37	81	59	11	58	114	102	119	64
Jahr	71	77	83	77	98	154	120	42	144	92	135	164	125	166	172	186	124	166	332	309	73	306	341	316	483	383
3) Dezennium 1876—85.																									
Dezemb.	12	17	14	20	22	32	21	4	19	15	26	28	22	18	34	34	33	50	63	42	5	41	52	67	91	43
Januar	10	16	17	16	13	16	16	7	19	16	25	19	16	19	32	60	29	22	58	42	10	56	50	96	85	53
Februar	9	14	17	15	20	23	11	3	17	15	26	24	14	15	42	38	30	44	47	26	7	29	55	74	92	33
März	15	6	11	11	18	21	23	5	23	17	18	25	24	43	21	23	17	29	42	71	5	43	66	34	76	72
April	25	23	15	10	12	17	19	14	23	27	23	21	25	75	42	30	13	17	30	48	22	34	113	42	41	79
Mai	11	6	13	6	15	25	24	10	30	12	16	29	24	31	14	18	8	29	44	58	31	59	45	26	75	88
Juni	11	7	9	6	15	30	19	8	37	15	10	35	22	24	17	13	9	22	59	67	12	95	46	25	75	79
Juli	2	3	4	5	19	36	22	7	34	4	8	34	19	2	4	5	7	39	82	63	11	83	5	12	94	75
August	8	7	8	1	19	36	15	4	37	11	8	32	13	21	13	9	1	39	80	40	13	92	35	10	112	54
Septemb.	8	13	13	8	15	27	23	4	30	15	18	28	24	19	39	29	13	27	47	54	6	64	56	37	73	49
Oktober	14	17	24	15	16	22	24	5	19	22	34	25	25	26	42	51	26	17	51	66	8	36	67	77	75	74
Novemb.	10	12	17	20	21	26	18	8	24	25	33	29	19	27	24	36	37	30	41	39	9	43	51	73	74	48
Winter	31	47	48	51	55	71	48	14	55	46	77	71	52	52	114	132	92	116	168	110	22	126	157	237	268	129
Frühling	51	35	39	27	45	63	66	29	76	56	57	75	73	149	77	71	58	75	116	177	58	136	224	102	192	239
Sommer	21	17	21	12	53	102	56	19	108	30	26	101	54	47	34	27	17	100	211	170	36	270	86	47	281	208
Herbst	32	42	54	43	52	75	65	17	73	62	85	82	68	72	105	116	76	74	139	159	23	143	174	187	222	171
Jahr	135	141	162	133	205	311	235	79	312	194	245	329	247	320	330	346	223	365	634	616	139	675	641	573	963	747

Digitized by Google

Tab. 2b. **Häufigkeit der Wettertypen in Tagen. 1886—95.**

	Anzahl der Fälle													Anzahl der Tage											
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Zentral	N und NE	E und SE	S und SE	W und NW	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Zentral	N und NE	E und SE	S und SE	W und NW
1) Lustrum 1886—90.																									
Dezemb.	3	5	9	7	10	19	6	1	13	7	13	15	7	10	13	18	11	17	43	11	2	34	23	29	60	13
Januar	6	6	9	9	9	12	12	3	3	6	12	13	12	21	15	24	12	15	26	38	6	6	36	35	41	44
Februar	6	—	7	5	5	6	7	4	4	6	8	8	7	19	—	24	7	14	33	21	5	16	19	31	47	26
März	5	4	8	5	5	10	13	3	13	8	11	10	14	9	14	16	6	14	23	37	6	25	23	22	39	43
April ..	10	9	9	4	3	3	12	10	7	10	13	5	16	21	24	26	5	5	7	29	23	13	45	31	12	51
Mai ..	13	9	5	3	3	8	11	6	12	11	8	11	11	38	16	10	4	6	17	25	13	21	54	14	23	38
Juni ...	3	1	3	1	12	11	13	8	14	4	3	15	14	13	2	3	1	22	33	38	19	23	15	4	55	57
Juli ...	3	1	6	4	11	17	10	6	17	4	9	19	11	6	1	8	7	14	36	32	20	32	7	15	50	52
August	2	3	5	7	12	17	11	2	19	4	11	18	11	2	4	8	11	16	32	31	3	41	4	19	48	34
Septemb.	4	—	12	8	8	10	10	6	16	4	17	13	13	6	—	21	13	13	19	32	18	35	6	36	32	50
Oktober	4	5	10	6	8	9	14	8	12	6	13	13	15	5	6	36	11	16	14	18	19	20	11	47	30	37
Novemb.	7	8	11	6	10	7	2	4	13	10	14	11	5	10	23	32	14	19	10	6	14	19	33	45	29	20
Winter	15	11	25	21	24	37	25	8	20	19	33	36	26	50	28	66	30	46	102	70	13	56	78	95	148	83
Frühling	28	22	22	12	11	21	36	19	32	29	32	26	41	68	54	52	15	25	47	91	42	59	122	67	74	132
Sommer	8	5	14	12	35	45	34	16	50	12	23	52	36	21	7	19	19	52	101	101	42	96	29	38	153	143
Herbst	15	13	33	20	26	26	26	18	41	20	44	37	33	21	29	89	38	48	43	56	51	74	50	128	91	107
Jahr ...	66	51	94	65	96	129	121	61	143	80	132	151	136	160	118	226	102	171	293	318	148	285	279	328	466	465
2) Lustrum 1891—95.																									
Dezemb.	7	8	16	11	6	13	7	2	10	11	19	14	8	10	19	31	23	12	20	21	5	16	29	54	32	26
Januar	2	6	9	3	7	13	9	1	10	8	10	14	10	3	30	27	7	16	37	25	1	15	33	34	53	26
Februar	10	9	3	2	2	7	13	6	6	7	5	8	13	29	31	11	8	5	18	20	7	11	60	19	23	27
März	4	5	10	6	9	10	14	6	5	7	12	12	15	13	10	30	14	16	17	43	6	6	23	44	33	49
April ...	9	7	10	3	8	14	10	5	4	10	12	16	12	58	14	22	4	11	20	34	7	11	72	26	31	41
Mai	4	2	9	6	5	9	9	9	6	6	9	11	14	6	4	19	8	6	24	21	18	12	10	27	30	39
Juni	5	4	1	2	7	14	16	9	12	7	2	14	18	8	5	1	3	8	40	56	31	17	13	4	48	87
Juli	2	1	5	2	10	21	13	—	16	3	6	22	13	3	1	6	2	18	43	34	—	32	4	8	61	34
August .	1	3	5	3	11	16	17	2	23	3	7	17	16	2	6	7	5	19	33	43	2	40	8	12	52	45
Septemb.	5	3	8	3	9	11	11	9	16	7	10	13	14	7	4	13	3	19	17	39	14	42	11	16	36	53
Oktober	8	5	8	2	10	9	10	—	9	8	11	13	10	22	8	20	7	20	13	37	—	15	30	27	33	37
Novemb.	3	6	12	8	9	12	6	3	9	7	15	13	5	14	13	30	17	16	26	8	4	16	27	47	42	22
Winter	19	23	28	16	15	33	29	9	26	26	34	36	31	42	80	69	38	33	75	66	13	42	122	107	108	79
Frühling	17	14	29	15	22	33	33	20	15	23	33	39	41	77	28	71	26	33	61	98	31	29	105	97	94	129
Sommer	8	8	11	7	28	51	46	11	51	13	15	53	47	13	12	14	10	45	116	133	33	89	25	24	161	160
Herbst ..	16	14	28	17	28	32	27	12	34	22	36	39	29	43	25	63	27	55	56	84	18	73	68	90	101	112
Jahr	60	59	96	55	93	149	135	52	126	84	118	167	148	175	145	217	101	166	308	381	95	233	320	318	474	480
3) Dezennium 1886—95.																									
Dezemb.	10	13	25	18	16	32	13	3	23	18	43	29	15	20	32	49	34	29	63	33	7	50	52	83	92	39
Januar	8	12	18	12	16	25	21	4	13	14	22	27	22	24	45	41	19	31	63	63	7	21	69	69	94	70
Februar	16	9	10	7	7	13	20	10	10	13	13	16	20	48	31	35	15	19	51	41	12	27	79	50	70	53
März ..	9	9	18	11	14	20	27	9	18	15	23	22	29	22	24	46	20	30	40	80	12	31	46	66	72	92
April ...	19	16	19	7	11	17	22	15	11	20	25	21	28	79	38	48	9	16	27	63	20	24	117	57	43	92
Mai	17	11	14	9	8	17	20	15	18	17	17	22	25	44	20	29	12	12	41	46	31	33	64	41	53	77
Juni....	8	5	4	3	19	25	29	17	26	11	5	29	32	21	7	4	4	30	73	94	50	40	28	8	103	138
Juli ...	5	2	11	6	21	38	23	6	33	7	15	41	24	9	2	14	9	32	74	66	20	64	11	23	111	86
August	3	6	10	10	23	33	28	4	42	7	18	35	27	4	10	15	16	35	65	74	5	81	15	31	100	79
Septemb.	9	3	20	11	17	21	21	15	32	11	27	26	27	13	4	34	16	32	36	71	32	77	17	42	68	103
Oktober	12	10	18	12	18	18	24	8	21	14	24	26	25	27	14	56	18	36	27	55	19	35	41	74	63	74
Novemb.	10	14	23	14	19	19	8	7	22	17	29	24	10	24	36	62	31	35	36	14	18	35	60	92	51	42
Winter	34	34	53	37	39	70	54	17	46	45	67	72	57	92	108	135	68	79	177	136	26	98	200	202	256	162
Frühling	45	36	51	27	33	54	69	39	47	52	65	65	82	145	82	123	41	58	108	189	73	88	227	164	168	261
Sommer	16	13	25	19	63	96	80	27	101	25	38	105	83	34	19	33	29	97	217	234	75	185	54	62	314	303
Herbst ..	31	27	61	37	54	58	53	30	75	42	80	76	62	64	54	152	65	103	99	140	69	147	118	218	202	219
Jahr ...	126	110	190	120	189	278	256	113	269	164	250	318	284	335	263	443	203	337	601	699	243	518	599	646	940	945

Digitized by Google

Tab. 2c. **Häufigkeit der Wettertypen in Tagen.** (20 Jahre 1876—95.)

	Anzahl der Fälle													Anzahl der Tage											
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Zentral	N und NE	E und SE	S und SW	W und NW	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Zentral	N und NE	E und SE	S und SW	W und NW
Dezemb.	22	30	39	38	38	64	34	7	42	33	58	57	37	38	66	83	67	79	126	75	12	91	104	150	183	82
Januar	18	28	35	28	29	41	37	11	32	30	47	46	38	43	83	101	48	53	121	105	17	77	119	165	179	123
Februar	25	23	27	22	27	36	31	13	27	28	39	40	34	63	73	73	45	63	98	67	19	56	134	124	162	86
März	24	15	29	22	32	41	50	14	41	32	41	47	53	65	45	69	37	59	82	151	17	74	112	100	148	164
April	44	39	34	17	23	34	39	29	34	47	48	42	53	154	80	78	22	33	57	111	42	58	230	99	84	171
Mai	28	17	27	15	23	42	44	25	48	29	33	51	49	75	34	47	20	41	85	104	62	92	109	67	128	165
Juni	19	12	13	9	34	55	48	25	63	26	15	64	54	45	24	17	13	52	132	161	62	135	74	33	178	207
Juli	7	5	15	11	40	74	45	13	67	11	23	75	43	11	6	19	16	71	161	129	31	147	16	35	205	161
August	11	13	18	11	42	69	43	8	79	18	26	67	40	25	23	24	17	74	145	114	18	173	50	41	212	133
Septemb.	17	16	33	19	32	48	44	19	62	26	45	54	51	32	43	63	29	59	83	125	38	141	73	79	141	152
Oktober	26	27	42	27	34	40	48	13	40	36	58	51	50	53	56	107	44	53	74	121	27	71	108	151	138	148
Novemb.	20	26	40	34	40	45	26	15	46	42	62	53	29	51	60	98	68	65	77	53	27	78	111	165	125	140
Winter	65	81	101	88	94	141	102	31	101	91	144	143	109	144	222	257	160	195	345	247	48	224	357	439	524	291
Frühling	96	71	90	54	78	117	133	68	123	109	122	140	155	294	159	194	79	133	224	366	121	224	451	266	360	500
Sommer	37	30	46	31	116	198	136	46	209	55	64	206	137	81	53	60	46	197	438	404	111	455	140	109	595	501
Herbst	63	69	115	80	106	133	118	47	148	104	165	158	130	136	159	268	141	177	234	299	92	290	292	395	404	440
Jahr	261	251	352	253	394	589	489	192	581	359	495	647	531	655	593	779	426	702	1241	1316	372	1193	1240	1209	1883	1732

Die Ergebnisse bleiben in der Hauptsache dieselben, wie die früher gefundenen. Die Wettertypen, bei welchen das Hochdruckgebiet eine westliche Lage hat, sind in allen Lustren häufiger, als diejenigen mit östlicher Komponente. Dieser Gegensatz tritt, der allgemeinen Luftdruckvertheilung entsprechend, im Sommer besonders hervor, dagegen im Winter merklich zurück.

Die Häufigkeit der Wettertypen in der jährlichen Periode habe ich durch die Kurventafel (Fig. 14) veranschaulicht.

Typus III (Hochdruckgebiet über Nord- und Nordosteuropa) tritt im April ganz bedeutsam hervor. Es scheint dieses nicht Zufall zu sein, indem diese Eigenthümlichkeit in fast allen Lustren sich zeigt. Im Sommer, namentlich im Juli, ist die Häufigkeit dieser Wettertype ausserordentlich gering, während sie im Herbst und Winter keine sehr erheblichen Werthe aufweist.

Typus II (Hochdruckgebiet über Deutschland) zeigt ein ausgesprochenes Maximum im August, in der kälteren Jahreszeit dagegen verhältnissmässig geringe Werthe. Nicht selten verlegt sich das Häufigkeits-Maximum in den September hinein (Altweiber-Sommer).

Typus IV (Hochdruckgebiet über Ost- oder Südosteuropa) ist ein ausgesprochener Wintertypus. Das Häufigkeits-Maximum fällt auf die Zeit vom Oktober bis Januar, wogegen der eigentliche Sommer nur geringe Häufigkeitsfälle aufweist.

Ein umgekehrtes Verhalten zeigt der Typus V (Hochdruckgebiet über Süd- oder Südwesteuropa). Seine grösste Häufigkeit fällt in den Sommer (insbesondere Juli und August), seine geringste in das Frühjahr (insbesondere April).

Der Typus I (Hochdruckgebiet über West- oder Nordwesteuropa) ist ein ausgesprochener Sommertypus mit einem Maximum im Juni und einem Minimum im Februar.

Wir haben also kurz folgende Beziehungen:

Typus I (W u. NW), Häufigkeits-Maximum im Frühsommer (Juni), Minimum im Winter.
» II (zentral), » » » Sommer (August), » in kälterer Jahreszeit.
» III (N u. NE), » » » Frühjahr (April), » im Sommer (Juli, August).
» IV (E u. SE), » » » Winter (Januar), » » Sommer.
» V (S u. SW), » » » Sommer (Juli, August) » » Frühjahr (April).

Hieraus ergeben sich einige interessante Schlussfolgerungen auf den Witterungscharakter in unseren Gegenden in Zusammenhang mit den Wettertypen.

Digitized by Google

Tab. 3. **Dauer der Wettertypen in Tagen.**

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Zentral	N u. NE	E u. SE	S u. SW	W u. NW
Dezennium 1876—85.													
Dezember ..	1.5	2.0	2.4	1.6	2.3	2.0	2.0	(1.2)	2.2	2.7	2.6	3.3	2.0
Januar	1.9	2.4	3.5	1.9	1.7	3.6	2.6	(1.4)	3.0	2.6	3.8	4.5	3.3
Februar	1.7	3.0	2.2	2.0	2.2	2.1	2.4	(2.3)	1.7	3.2	2.8	3.8	2.4
März	2.9	(3.5)	2.1	1.5	1.6	2.0	3.1	(1.0)	1.9	3.9	1.9	3.0	3.0
April	3.0	1.9	2.0	1.3	1.6	1.8	2.5	1.6	1.5	4.3	1.8	2.0	3.2
Mai	2.8	(2.3)	1.4	(1.3)	1.9	1.8	2.4	3.1	2.0	3.8	1.6	2.5	3.7
Juni	2.2	(2.4)	(1.4)	(1.5)	1.5	2.0	3.5	(1.5)	2.6	3.1	2.5	2.2	3.6
Juli	(1.0)	(1.3)	(1.2)	(1.4)	2.1	2.3	2.9	(1.6)	2.4	(1.2)	(1.5)	2.7	3.9
August	(2.6)	(1.9)	(1.4)	(1.0)	2.1	2.2	2.7	(3.2)	2.5	3.2	(1.1)	3.5	4.2
September .	(2.4)	3.0	2.2	(1.6)	1.8	1.7	2.4	(1.5)	2.1	3.7	2.1	2.6	2.0
Oktober ...	1.9	2.5	2.1	1.7	1.1	2.3	2.7	(1.6)	1.9	3.0	2.3	3.0	3.0
November .	2.7	2.0	2.1	1.8	1.4	1.6	2.2	(1.1)	1.9	2.0	2.2	2.5	2.6
Winter . ..	1.7	2.4	2.9	1.8	2.1	2.4	2.3	1.6	2.3	3.3	3.1	3.8	2.0
Frühling ...	3.0	2.2	1.9	1.4	1.7	1.8	2.8	2.0	1.9	4.0	1.8	2.5	3.3
Sommer	3.2	2.0	1.3	1.4	1.9	2.1	3.0	1.9	2.5	2.9	1.8	2.8	3.9
Herbst ...	2.3	2.5	2.1	1.8	1.4	1.9	2.4	1.4	2.0	2.8	2.2	2.7	2.5
Jahr	2.4	2.4	2.2	1.7	1.8	2.0	2.5	1.8	2.1	3.1	2.3	2.9	3.0
Dezennium 1886—95.													
Dezember ..	2.0	2.5	2.0	1.9	1.8	2.0	2.5	(2.3)	2.2	2.9	2.6	3.2	2.6
Januar	(3.0)	3.8	2.3	1.6	1.9	2.5	3.0	(1.8)	1.6	4.9	3.1	3.5	3.2
Februar	3.0	(3.4)	3.5	(2.1)	(2.7)	4.0	2.1	1.2	2.7	6.1	3.9	4.4	2.7
März	(2.4)	(2.9)	2.6	1.8	2.1	2.0	3.0	(1.3)	1.8	3.1	2.9	3.3	3.2
April.....	4.2	2.4	2.5	(1.3)	1.5	1.6	2.9	1.3	2.2	5.8	2.3	2.0	3.3
Mai	2.6	1.8	2.1	(1.3)	(1.5)	2.4	2.3	2.1	1.8	3.7	2.4	2.4	3.0
Juni	(2.6)	(1.4)	(1.0)	(1.3)	1.6	2.9	3.2	3.0	1.5	2.5	(1.6)	3.5	4.3
Juli	(1.8)	(1.0)	1.3	(1.5)	1.5	2.1	2.9	(3.3)	1.9	(1.6)	1.5	2.7	3.6
August	(1.3)	(1.7)	1.5	1.6	1.5	2.0	2.7	(1.2)	1.9	(2.1)	1.7	2.8	2.9
September..	(1.4)	(1.3)	1.7	1.5	1.9	1.7	3.4	2.1	2.4	1.5	1.6	2.6	3.8
Oktober	3.2	1.4	3.2	1.5	2.0	1.5	2.3	(2.4)	1.7	3.0	3.2	2.4	3.0
November ..	3.6	2.6	2.7	2.2	1.8	1.9	(1.8)	(2.6)	1.6	3.5	3.2	2.1	4.2
Winter	2.7	3.2	2.6	1.8	2.0	2.5	2.5	1.5	3.1	4.4	3.0	3.5	2.9
Frühling ...	3.2	2.3	2.4	1.5	1.8	2.0	2.7	1.9	1.8	4.4	2.5	2.5	3.2
Sommer	2.1	1.5	1.3	1.5	1.5	2.3	2.9	2.8	1.8	2.2	1.7	3.0	3.7
Herbst	2.1	2.0	2.5	1.8	2.0	1.7	2.7	2.3	2.0	2.9	2.7	2.7	3.5
Jahr	2.7	2.4	2.3	1.7	1.9	2.2	2.7	2.2	2.0	3.9	2.2	3.0	3.3
20 Jahre 1876—1895.													
Dezember ..	1.7	2.2	2.1	1.8	2.1	2.0	2.2	(1.7)	2.2	3.2	2.6	3.2	2.2
Januar	2.4	3.0	2.9	1.7	1.8	3.0	2.8	1.5	2.4	4.0	3.9	3.9	3.2
Februar	2.5	3.2	2.7	2.0	2.7	2.7	2.2	1.5	2.1	4.9	3.2	4.1	2.6
März	2.7	3.0	2.4	1.8	1.9	2.0	3.0	1.2	1.8	3.5	2.4	3.2	3.1
April.....	3.3	2.1	2.3	1.3	1.4	1.7	2.8	1.5	1.7	5.0	2.1	2.0	3.2
Mai	2.7	2.0	1.7	1.3	1.8	2.1	2.4	2.5	1.9	3.4	2.0	2.5	3.4
Juni	2.4	2.0	1.3	(1.4)	1.5	2.4	3.3	2.5	2.2	2.9	2.2	2.8	3.8
Juli	(1.6)	(1.2)	1.3	1.5	1.8	2.2	2.9	2.4	2.2	1.5	1.5	2.7	3.3
August	2.3	1.8	1.3	1.5	1.8	2.1	2.7	(2.3)	2.2	2.8	1.6	3.2	3.3
September ..	1.9	2.7	1.9	1.5	1.8	1.7	2.8	2.0	2.3	2.8	1.7	2.6	3.0
Oktober ..	2.0	2.1	2.5	1.6	1.6	1.8	2.5	2.1	1.8	3.0	3.0	2.7	3.0
November .	2.6	2.3	2.5	2.0	1.6	1.7	2.0	2.8	1.8	2.6	2.7	2.4	4.8
Winter... .	2.2	2.8	2.6	1.9	2.1	2.4	2.4	1.6	2.2	3.9	3.1	3.7	2.7
Frühling ...	3.0	2.3	2.2	1.4	1.7	1.9	2.8	1.7	1.8	4.1	2.2	2.6	3.2
Sommer	2.2	1.8	1.3	1.5	1.7	2.4	3.0	2.4	2.2	2.5	1.7	2.9	3.6
Herbst	2.2	2.3	2.4	1.8	1.7	1.7	2.6	2.0	2.0	2.8	2.4	2.5	3.4
Jahr	2.5	2.4	2.2	1.7	1.8	2.1	2.6	1.9	2.1	3.4	2.4	2.9	3.3

Digitized by Google

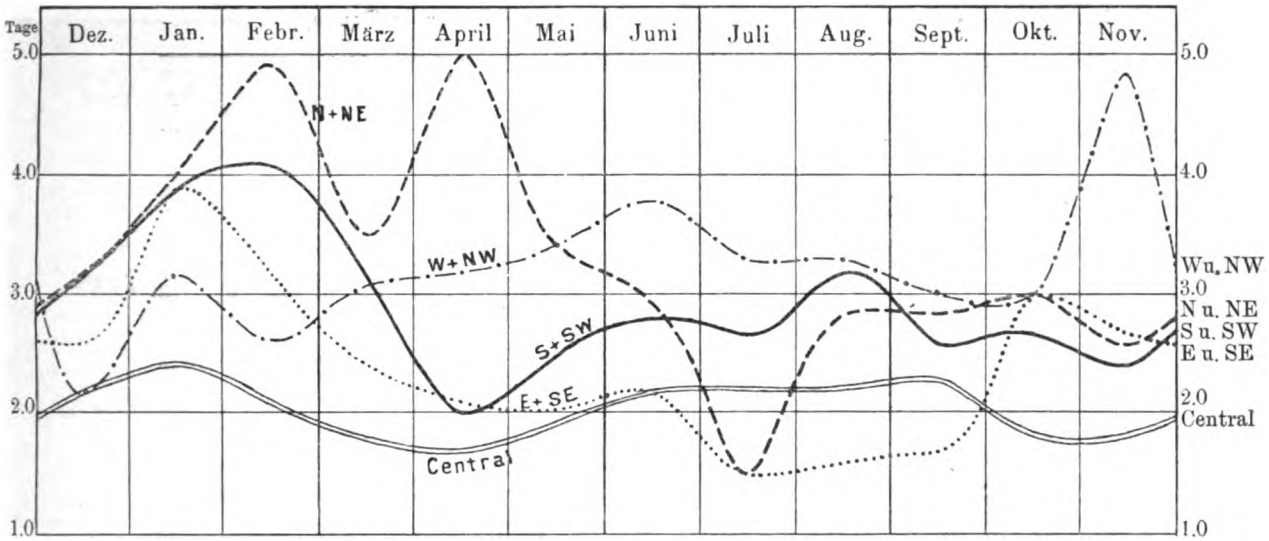


Fig. 15. Dauer der Wettertypen in Tagen. 1876—1895.

Dauer der Hauptwettertypen.

Die Länge der Periodendauer ist bei den einzelnen Wetterlagen ausserordentlich verschieden. Tab. 3 (Seite 10) veranschaulicht die mittlere Dauer der Wettertypen für die Monate, Jahreszeiten und das Jahr in den Dezennien 1876—85 und 1886—95, sowie für den 20jährigen Zeitraum 1876 bis 1895, Kurventafel Fig. 15 für den 20jährigen Zeitraum 1876 bis 1895.

Im Durchschnitte kann man annehmen, dass eine Wetterlage 3 Tage anhält; kürzer ist die Zeit, wenn das Hochdruckgebiet über Deutschland selbst lagert, länger, wenn es eine westliche oder nördliche Lage hat. Bemerkenswerth ist der ähnliche Verlauf der Kurven für die Dauer und die Häufigkeit der Wettertypen in der jährlichen Periode, so dass ein Zusammenhang beider Erscheinungen wohl kaum bestritten werden kann. So zeigt der Typus III (N und NE) sowohl für Dauer als auch Häufigkeit eine auffallende Verschärfung im April und eine ebenso starke Abschwächung im Juli, Typus V (S u. SW) eine entschiedene Zunahme nach dem Spätsommer hin, während Typus IV (E und SE) im Sommer am seltensten und am unbeständigsten ist. Auch die Kurven für Typus I (W u. NW) zeigen im Juni beide eine Anschwellung, wenn auch die Maxima nicht zusammenfallen.

Die grossen Verschiedenheiten in der Dauer der einzelnen Wetterperioden veranschaulicht Tabelle 4, (Seite 12) in welcher die Häufigkeit der Perioden von bestimmter Dauer in Tagen angegeben ist. Wir haben uns hier nur auf die Jahreszeiten und das Jahr beschränkt. Am grössten ist die Erhaltungstendenz im allgemeinen beim Wettertypus W und NW und auch N und NE, am geringsten bei der zentralen Lage. Dabei ist der Einfluss der Jahreszeit hier von Bedeutung.

N und NE ist am beständigsten in der kälteren Jahreszeit, am unbeständigsten im Sommer.
E und SE » » » im Winter, » » » Sommer.
S und SW » » » » Winter und Sommer, » » » Frühjahr u. Herbst.
W und NW » » » » Frühjahr u. Sommer, » » » Winter und Herbst.
Zentral » » » » Winter und Sommer, » » » Frühjahr.

Wetterperioden, welche 2 Wochen überschreiten, kommen ausserordentlich selten vor, in den 20 Jahren 1876 bis 1895 wurden solche nur zwölfmal verzeichnet.*)

*) Bemerkenswerth ist die lange Dauer des Typus I im Mai 1896. Derselbe hielt an vom 30. April bis zum 31. Mai.

Digitized by Google

Tab. 4. **Häufigkeit der Perioden von bestimmter Dauer in Tagen.**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	>15 Länge	Summe d. Period.
a) Dezennium 1876—85.																	
1) N und NE.																	
Winter ..	14	9	4	9	7	—	—	—	1	—	—	—	—	—	1[1]	1[2]	45
Frühling ..	14	9	7	42	2	1	1	5	1	—	—	2	1	—	—	1[3]	56
Sommer...	11	4	7	—	3	3	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	29
Herbst....	9	13	5	8	3	4	3	—	1	—	—	1	1	—	—	—	48
Jahr.....	48	35	23	29	15	8	5	5	3	—	—	3	2	—	1	2	178
2) E und SE.																	
Winter ...	16	18	10	8	9	4	1	—	2	1	—	1	—	—	—	—	70
Frühling .	34	9	8	5	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	57
Sommer...	14	11	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	27
Herbst....	35	21	10	5	6	3	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	81
Jahr.....	99	59	28	20	15	8	2	—	2	1	1	—	—	—	—	—	235
3) S und SW.																	
Winter ...	25	15	6	6	9	5	1	2	1	1	—	—	—	—	—	2[4]	73
Frühling ..	26	22	13	6	4	3	1	2	—	—	—	—	—	—	—	—	77
Sommer...	32	19	17	11	7	2	3	2	—	—	1	1	1	—	—	—	96
Herbst....	29	18	13	13	3	2	1	2	2	—	—	—	—	—	—	—	83
Jahr.....	112	74	49	36	23	12	6	8	3	1	1	1	1	—	—	2	329
4) W und NW.																	
Winter ..	21	15	2	5	2	2	2	3	—	—	—	—	—	—	—	—	51
Frühling ..	24	17	8	2	5	5	5	2	1	—	—	—	—	2	—	—	72
Sommer...	8	19	10	5	3	2	2	1	2	—	1	—	1	1	—	1[5]	56
Herbst....	23	29	6	3	2	2	2	—	1	3	—	—	—	—	—	—	61
Jahr.....	76	70	26	15	12	11	11	6	4	3	1	—	1	3	—	1	240
5) Zentral.																	
Winter ..	28	12	5	3	3	2	1	—	—	1	1	—	—	—	—	—	56
Frühling ..	39	23	8	4	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	76
Sommer...	34	37	9	9	2	5	3	1	—	1	—	—	—	—	—	—	101
Herbst....	21	15	5	2	—	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	47
Jahr.....	122	87	27	18	6	12	4	1	—	2	1	—	—	—	—	—	280
b) Dezennium 1886—95.																	
1) N und NE.																	
Winter ...	9	9	7	3	5	1	2	2	—	1	2	2	—	—	1[6]	—	44
Frühling ..	14	10	5	5	3	2	6	1	1	—	—	1	—	1	1[7]	—	50
Sommer..	10	7	5	2	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	25
Herbst....	15	13	2	5	2	—	2	1	1	1	—	—	--	—	—	—	42
Jahr.....	48	39	19	15	10	3	11	4	2	2	2	3	—	1	2	—	151
2) E und SE.																	
Winter ..	22	12	10	8	3	2	2	1	—	1	—	—	—	—	1[8]	—	62
Frühling .	21	23	7	3	4	4	1	—	1	—	—	—	—	—	—	—	64
Sommer...	20	13	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	37
Herbst....	26	17	9	11	2	3	2	—	—	1	1	—	—	—	—	—	72
Jahr.....	89	65	30	22	9	9	5	1	1	2	1	—	—	—	1	—	235

[1]) Im Dez. 1876. [2]) 18 Tage im Febr.–März 1881. [3]) 17 Tage im Febr.–März 1881.
[4]) 17 Tage im Januar–Februar 1877 und 22 Tage im Februar–März 1876.
[5]) 17 Tage im Juli–August 1885. [6]) Im Februar 1888. [7]) Im Januar 1894.
[8]) Im Januar 1894.

Digitized by Google

(Fortsetzung der Tabelle 4.)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	>15 Länge	Summe d. Period.
3) S und SW.																	
Winter ...	22	15	10	6	4	4	2	2	2	1	1	—	1	1	—	—	71
Frühling ..	25	19	5	4	5	8	1	3	—	—	—	—	—	—	—	—	70
Sommer ...	35	22	15	8	9	4	3	2	2	—	—	—	—	—	1[1]	—	101
Herbst	29	17	8	7	6	3	1	2	—	1	—	—	—	—	—	—	74
Jahr	111	73	38	25	24	19	7	9	4	2	1	—	1	1	1	—	316
4) W und NW.																	
Winter ..	19	17	4	7	—	2	2	2	—	—	1	—	1	—	—	—	55
Frühling ..	25	15	9	12	6	2	5	3	—	—	—	1	—	—	—	2[2]	78
Sommer ...	13	21	9	6	4	4	2	—	1	1	2	—	—	—	—	—	65
Herbst	19	12	9	2	4	5	2	—	2	2	2	—	—	—	—	—	59
Jahr	76	65	31	27	14	13	11	5	3	3	5	1	1	—	—	2	257
5) Zentral.																	
Winter .	23	9	8	2	3	—	1	1	—	—	—	1	—	—	—	—	48
Frühling ..	28	8	3	3	3	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	46
Sommer ...	54	24	10	4	2	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	97
Herbst	38	17	10	4	1	2	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	73
Jahr	143	58	31	13	4	6	1	1	1	—	—	—	—	—	—	—	264

c) 20 Jahre 1876 bis 1895.

1) N und NE.																	
Winter ..	23	18	11	12	12	1	2	2	1	1	2	2	—	—	2	1	100
Frühling ..	28	19	12	17	5	3	7	6	2	—	—	3	1	1	1	1	106
Sommer ..	21	11	12	2	3	3	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	54
Herbst .	24	26	7	13	5	4	5	1	2	1	—	1	1	—	—	—	90
Jahr .. .	96	74	42	44	25	11	16	9	5	2	2	6	2	1	3	2	350
2) E und SE.																	
Winter ...	38	30	20	16	12	6	3	1	2	2	—	1	—	—	1	—	132
Frühling ..	55	32	15	8	4	5	1	—	1	—	—	—	—	—	—	—	121
Sommer ...	34	24	4	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	64
Herbst	61	38	19	16	8	6	3	—	—	1	1	—	—	—	—	—	153
Jahr	188	124	58	42	24	17	7	1	3	3	1	1	—	—	1	—	470
3) S und SW.																	
Winter ...	47	30	16	12	13	9	3	4	3	2	1	—	1	1	—	2	144
Frühling ..	51	41	18	10	6	11	2	5	—	—	—	—	—	—	—	—	147
Sommer ...	67	41	32	19	16	6	6	4	2	—	1	1	1	—	1	—	197
Herbst	58	35	21	20	9	5	2	4	2	1	—	—	—	—	—	—	157
Jahr	223	147	87	61	47	31	13	17	7	3	2	1	2	1	1	2	645
4) W und NW.																	
Winter ...	40	32	6	12	2	4	4	4	—	—	1	—	1	—	—	—	106
Frühling .	49	32	17	14	11	7	10	6	1	—	—	1	—	2	—	2	150
Sommer ..	21	40	19	11	7	6	4	1	3	1	3	—	1	1	—	1	121
Herbst	42	31	15	5	6	7	4	—	3	5	2	—	—	—	—	—	120
Jahr	152	135	57	42	26	24	22	11	7	6	6	1	2	3	—	3	497
5) Zentral.																	
Winter ...	51	21	13	5	6	2	2	1	—	1	1	1	—	—	—	—	104
Frühling .	67	31	11	7	4	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	122
Sommer ...	88	61	19	13	4	8	3	1	—	1	—	—	—	—	—	—	198
Herbst	59	32	15	6	1	6	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	120
Jahr	265	145	58	31	15	18	5	2	1	2	1	1	—	—	—	—	544

[1]) Im Juni 1894. [2]) 18 Tage im Juni 1890 und 19 Tage im Juli 1892.

Digitized by Google

Aufeinanderfolge der Wettertypen.

Dass die Aufeinanderfolge der Wettertypen keine willkürliche, zufällige ist, sondern an bestimmte Gesetze geknüpft ist, zeigt deutlich Tabelle 5, welche die Aufeinanderfolge der Wetterlagen während des 20jährigen Zeitraumes 1876 bis 1895 veranschaulicht. Dabei ist der Einfluss der Jahreszeiten wieder von besonderer Bedeutung.

Tab. 5. Aufeinanderfolge der Wettertypen. 1876 bis 1895.

	N und NE	E und SE	S und SW	W und NW	Zentral
Es folgten auf N und NE:					
Dezember	—	12	3	2	4
Januar	—	19	—	3	5
Februar	—	11	6	1	5
März	—	14	1	8	10
April	—	20	4	16	5
Mai	—	8	5	12	6
Juni	—	—	8	13	4
Juli	—	2	5	1	3
August	—	3	10	1	3
September	—	6	9	5	9
Oktober	—	19	4	4	5
November	—	20	2	5	8
Winter	—	**42**	11	6	14
Frühling	—	**42**	10	36	21
Sommer	—	5	**23**	15	10
Herbst	—	**45**	15	14	22
Jahr	—	**134**	59	71	67
Es folgten auf E und SE:					
Dezember	6	—	28	8	8
Januar	9	—	21	9	5
Februar	12	—	17	9	6
März	9	—	16	13	9
April	13	—	12	18	6
Mai	5	—	19	7	3
Juni	5	—	13	5	—
Juli	—	—	15	4	—
August	2	—	14	3	8
September	5	—	15	13	10
Oktober	12	—	23	14	7
November	16	—	30	8	8
Winter	27	—	**66**	26	17
Frühling	27	—	**47**	38	18
Sommer	7	—	**42**	12	8
Herbst	33	—	**78**	35	24
Jahr	94	—	**233**	111	68

	N und NE	E und SE	S und SW	W und NW	Zentral
Es folgten auf S und SW:					
Dezember	4	14	—	18	15
Januar	2	14	—	18	10
Februar	5	10	—	18	5
März	5	11	—	17	10
April	11	14	—	9	8
Mai	3	10	—	14	25
Juni	2	6	—	29	29
Juli	2	8	—	24	41
August	1	3	—	22	38
September	2	12	—	21	20
Oktober	3	17	—	24	8
November	6	18	—	12	16
Winter	11	38	—	**54**	30
Frühling	19	35	—	**40**	**43**
Sommer	5	17	—	75	**108**
Herbst	11	47	—	**57**	44
Jahr	46	137	—	**226**	**225**
Es folgten auf W und NW:					
Dezember	5	1	15	—	13
Januar	13	2	12	—	13
Februar	7	1	14	—	11
März	10	6	21	—	12
April	17	4	15	—	14
Mai	15	1	15	—	13
Juni	6	2	9	—	30
Juli	6	1	19	—	21
August	2	1	15	—	29
September	10	1	12	—	30
Oktober	10	4	17	—	19
November	6	1	13	—	12
Winter	25	4	**41**	—	37
Frühling	42	11	**51**	—	38
Sommer	13	5	43	—	**80**
Herbst	26	6	42	—	**61**
Jahr	107	26	177	—	**216**

	N und NE	E und SE	S und SW	W und NW	Zentral
Es folgten auf Zentral:					
Dezember	10	20	5	3	—
Januar	5	13	10	7	—
Februar	4	15	6	2	—
März	10	11	7	7	—
April	7	10	9	10	—
Mai	5	13	14	15	—
Juni	12	10	28	7	—
Juli	6	13	33	15	—
August	9	15	24	11	—
September	10	24	20	11	—
Oktober	9	19	8	8	—
November	9	22	5	4	—
Winter	19	**48**	21	12	—
Frühling	22	**34**	30	32	—
Sommer	27	38	**75**	33	—
Herbst	28	**65**	33	23	—
Jahr	96	**185**	159	100	—

Die Wetterlage N und NE (Hochdruckgebiet im Norden und Nordosten) geht meistens der Wetterlage E und SE voran in der kälteren Jahreszeit vom Oktober bis April, aber in den Monaten Mai und Juni folgt ihr am häufigsten W und NW, von Juli bis September S und SW.

Der Wetterlage E und SE folgt das ganze Jahr hindurch in den meisten Fällen S und SW, nur im April folgt W und NW am häufigsten.

Nach der Wetterlage S und SW folgt in allen Jahreszeiten meist W und NW, nur im Sommer und im Spätfrühling folgt am häufigsten die zentrale Lage, welche im September noch entschieden zur Geltung kommt.

Digitized by Google

Die Wetterlage W und NW wird im Winter und Frühjahr am häufigsten abgelöst durch S und SW oder durch N und NE, im Herbst und namentlich im Sommer folgt ihr die zentrale Lage.

Die zentrale Wetterlage geht im Winter und Herbst gewöhnlich in E und SE, im Sommer in S und SW über, während im Frühjahr gesetzmässiges wenig zu erkennen ist.

Witterungscharakter bei den einzelnen Wetterlagen.

Die oben besprochenen Wetterlagen wechseln in zahlreichen Modifikationen mit einander ab, gestalten sich in der mannichfaltigsten Weise um, gehen in einander über und beherrschen so die Witterungserscheinungen in Europa und speziell in unseren Gegenden. So ist der Witterungscharakter kürzerer oder längerer Zeitabschnitte, der Monate und der Jahreszeiten durch die Häufigkeit und Beständigkeit der verschiedenen Wetterlagen bestimmt. Ob wir einen kalten oder einen milden Winter haben, ob der Sommer heiss und trocken oder aber nass und kühl ist, ob das Wetter ruhig oder von starker oder böiger Luftbewegung begleitet ist, hängt lediglich von dem jeweiligen Verhalten der Wetterlagen ab.

Der Witterungscharakter bei den einzelnen Wettertypen ergiebt sich unschwer, wenn wir die Eigenartigkeit der sie begleitenden Luftströmungen in Betracht ziehen und dabei die Jahreszeiten berücksichtigen (vergl. Figuren 3—13).

Typus I (Hochdruckgebiet in W und NW, Depressionen in östlicher gelegenen Gegenden) bedingt in unseren Distrikten Winde aus nördlichen Richtungen, insbesondere Nordwestwinde. Diese sind in allen Jahreszeiten böig, feucht und kalt und dementsprechend trägt auch die Witterung diesen Charakter. Für die Witterung unserer Gegenden ist dieser Typus von der grössten Bedeutung, namentlich in der wärmeren Jahreszeit, in welcher er am häufigsten vorkommt, entsprechend der normalen Druckvertheilung in dieser Jahreszeit (vergl. Fig. 2). Ihm ist es (in Verbindung mit Typus V) zu danken, dass unsere Sommer häufig so kühl sind und so oft verregnen.

Typus II, welcher hauptsächlich den Sommermonaten und dem Frühherbste angehört, zeichnet sich aus durch schwache Luftbewegung aus variabler Richtung, durch vielfach heitere oder neblige Witterung und durch geringe Niederschläge, wobei die Temperaturverhältnisse insbesondere von der Strahlung abhängig sind. Im Sommer, bis in den September hin, begleiten ihn gewöhnlich sonnige und warme Tage, verbunden mit Trockenheit, welche zuweilen zu Dürrperioden sich steigert. Im Winter und Herbst ist bei seiner Herrschaft Nebelbildung die Regel. Im Spätfrühjahr und Frühherbste kommt es bei klaren Nächten nicht selten zu Nachtfrösten und zur Reifbildung, namentlich, wenn Typus I in Typus II übergeht.

Typus III. Unter der Wechselwirkung der Hochdruckgebiete über Nordeuropa und der im Süden gelegenen Depressionen sind bei der Herrschaft dieses Typus östliche und nordöstliche Winde vorwiegend. Diese sind meist Landwinde, ihr Ursprung liegt in Russland. Ihrem Wesen nach sind sie dampfarm, im Winter kalt, im Sommer meist warm. In Bezug auf Temperaturverhältnisse hat also bei der Herrschaft dieses Typus das Wetter im Winter einen ganz anderen Charakter als im Sommer. Dieser Typus gehört hauptsächlich der kälteren Jahreszeit an und spielt bei dem Zustandekommen und dem Verlauf unserer strengen Winter (im Verein mit Typus II) eine bedeutungsvolle Rolle. Ich erwähne noch, dass bei seiner Herrschaft im Winter das Wetter meist trübe, dagegen im Frühjahr und Sommer vorwiegend heiter ist.

Typus IV. Entsprechend der mittleren Luftdruckvertheilung gehört dieser Typus dem Winter (auch Oktober und November) an. Südöstliche und südliche Winde, also Landwinde, sind vorwiegend, welche in südlicher gelegenen Gegenden ihren Ursprung haben. Diese werden im allgemeinen trocken und warm sein. Nur in der winterlichen Jahreszeit werden sie, je nach den im Südosten unseres Erdtheils obwaltenden Wärmeverhältnissen, kalte Witterung bringen. Im allgemeinen ist der Typus IV als warmer zu bezeichnen.

Typus V ist der häufigste aller Wettertypen, er waltet in allen Jahreszeiten vor, nur im Frühjahr und im Spätherbst tritt er etwas zurück. Die durch ihn bedingten südlichen bis westlichen Winde sind ozeanischen Ursprungs, feucht, im Winter warm, im Sommer kühl, also die Kälte der Winter und ebenso die Hitze unserer Sommer mildernd. Im eigentlichen Sommer ist dieser Typus am meisten vertreten und charakterisirt sich dann durch windige nasskühle Witterung. Die meisten Stürme in unseren Gegenden kommen bei Herrschaft dieses Typus vor. Dabei ist die Wetterlage in Bezug auf unruhige Witterung am drohendsten, wenn das barometrische Maximum über Frankreich liegt.

Das oben gesagte wird durch die folgende Tabelle, welche die Anzahl der warmen und kalten Tage (bezogen auf 8^h a. m.) bei den einzelnen Hauptwettertypen enthält, dargestellt.

Digitized by Google

Tab. 6. Anzahl der kalten Tage bei den einzelnen Wettertypen (%).
(Die Ergänzungen zu 100 geben die Anzahl der warmen Tage.)

	N und NE			E und SE			S und SW			W und NW			Zentral		
	warm	kalt	kalt %	warm	kalt	kalt %	warm	kalt	kalt %	warm	kalt	kalt %	warm	kalt	kalt %
Dezennium 1876—85.															
Dezember	19	35	65	29	33	53	76	18	9	18	25	58	17	27	62
Januar	7	44	87	29	62	87	77	4	7	20	33	62	32	32	50
Februar	5	51	84	40	30	43	81	11	12	20	13	39	14	15	52
März	4	62	94	20	15	43	47	32	41	8	66	42	13	33	72
April	17	98	85	21	22	51	19	23	55	9	73	90	17	17	50
Mai	18	28	61	22	5	17	16	57	78	14	75	85	30	29	49
Juni	31	10	24	21	1	5	20	55	73	9	71	89	66	23	26
Juli	3	1	(25)	6	6	(50)	24	82	77	11	70	86	51	21	29
August	22	12	35	4	6	(60)	32	72	69	17	40	71	28	57	67
September	23	33	59	21	15	41	30	51	63	10	39	80	27	36	57
Oktober	11	57	84	40	28	36	24	52	69	21	49	70	25	20	43
November	4	47	92	34	30	47	57	15	21	5	44	91	19	23	55
Dezennium 1886—95.															
Dezember	6	18	75	42	21	33	58	9	13	3	12	80	17	29	63
Januar	—	63	100	23	41	63	85	10	11	22	52	70	2	11	(85)
Februar	—	79	100	31	33	52	44	11	20	13	36	73	—	28	100
März	4	43	92	31	35	53	29	35	53	10	70	88	10	28	74
April	58	50	46	35	16	31	16	29	64	7	75	91	5	14	74
Mai	34	31	48	32	7	18	12	42	78	9	63	88	17	14	45
Juni	15	12	44	3	8	(73)	22	75	77	8	187	97	18	16	47
Juli	9	2	(18)	13	11	46	15	94	86	9	74	89	16	39	71
August	4	7	(64)	31	6	19	14	84	86	5	70	93	16	56	78
September	3	26	89	42	11	21	38	29	43	6	85	93	34	47	58
Oktober	17	22	56	48	34	41	42	21	33	7	83	92	12	18	60
November	15	59	80	52	48	48	60	5	8	14	35	72	10	24	71
20 Jahre 1876—1895.															
Dezember	25	53	68	70	53	43	133	26	16	25	47	65	24	56	71
Januar	7	107	94	51	102	67	151	13	9	42	85	67	34	43	56
Februar	5	129	96	71	63	47	125	22	17	33	51	61	14	43	75
März	8	105	93	52	50	49	76	67	47	18	136	88	23	61	73
April	75	141	80	56	38	40	35	52	59	16	148	90	22	31	59
Mai	51	58	53	54	12	18	28	69	71	23	138	81	47	43	48
Juni	46	22	32	24	9	27	42	130	75	17	198	92	84	39	34
Juli	12	3	(20)	19	17	46	39	176	82	20	144	88	66	59	47
August	26	19	42	35	12	25	46	156	77	22	110	83	44	113	72
September	56	54	49	63	26	29	68	80	54	16	124	82	61	83	57
Oktober	28	79	74	97	61	39	65	72	53	28	132	83	33	34	51
November	19	106	85	85	77	42	117	20	14	19	79	81	28	46	62

Tage mit normaler Temperatur wurden halb zu den kalten, halb zu den warmen gerechnet. Dabei wurden bei länger anhaltenden Epochen, während der betreffende Wettertypus die Herrschaft hatte, der durchschnittliche Wärmecharakter der ganzen Epoche bei der Rechnung zu Grunde gelegt.

Den Wärmecharakter der einzelnen Wettertypen in der Jahresperiode zeigt deutlich die Kurventafel Fig. 16, wenn auch die Kurven etwas unregelmässig zu verlaufen scheinen.

Der Typus I (W und NW) zeichnet sich dadurch aus, dass er während aller Monate zu kalt ist, nur der Winter zeigt naturgemäss eine Senkung der Kurve. Typus II (zentral) ist vom Mai bis Juli zu warm in den übrigen Monaten zu kalt. Typus III (N und NE) hat nur im eigentlichen Sommer warmes Wetter im Gefolge, ist dagegen im Winter und in den benachbarten Monaten entschieden zu kalt. Typus IV (E u. SE) ist in allen Jahreszeiten warm, nur in der Mitte des Winters zu kalt. Typus V (S u. SW) zeigt einen sehr ausgesprochenen Charakter: im Winter warm, im Sommer kalt.

Ziehen wir nun auch die Häufigkeit der Wettertypen in Betracht (vergl. Tab. 2 und Fig. 14), so sehen wir, dass unsere Sommer-Witterung, worauf es ja hier in erster Linie ankommt, hauptsächlich durch 3 Wetter-

Digitized by Google

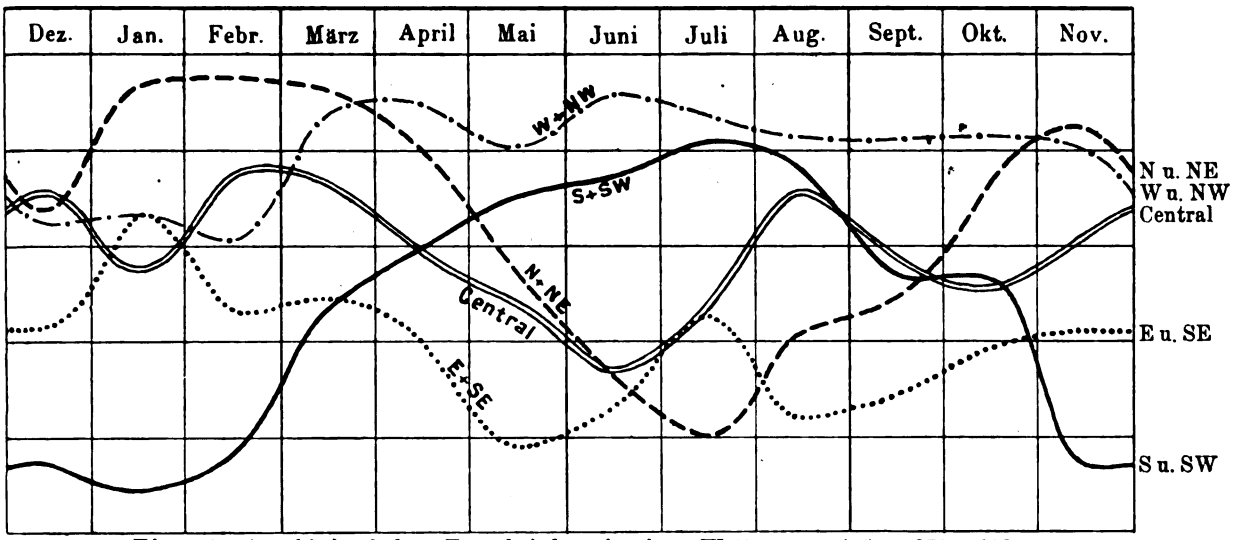


Fig. 16. Anzahl der kalten Tage bei den einzelnen Wettertypen (%). 1876—1895.

typen geregelt wird, durch Typus I, Typus V und, in etwas schwächerem Maasse, durch Typus II. Die beiden ersteren sind im Sommer (vergl. Fig. 16) ausgesprochen kalt, dagegen der letztere warm (ausser im August) und so ergiebt sich als Folgeerscheinung, dass die Sommer unserer Gegenden viel kühler, als es unter anderen Verhältnissen, insbesondere unter anderer Luftdruckvertheilung, der Fall sein würde.

In Tab. 7 ist die Häufigkeit der Wettertypen für die Monate der einzelnen Jahrgänge von 1876—1895 übersichtlich angegeben und daneben der Witterungscharakter kurz verzeichnet. In dieser Tabelle sind die Wettertypen in 5 zusammengefasst worden. Für das erste Dezennium 1876—1885 sind auch die vorherrschenden Winde angegeben. Diese Tabelle ist in mancherlei Beziehung interessant und lehrreich, man sieht deutlich die Beziehungen des Witterungscharakters zur Häufigkeit der Wettertypen und den Einfluss der Jahreszeiten.

Häufigkeit der Wettertypen und des Witterungs-Charakters der einzelnen Monate.

Tab. 7.

Dezember.

	Häufigkeit d. Wettertypen					Witterungs-Charakter
	N und NE	E und SE	S und SW	W und NW	Zentral	
1876	**20**	3	7	—	1	E vorherrsch. (im N), **kalt** (insbes. im NE), **nass** (Wetterumschl. am Monats-
77	8	**11**	8	3	1	S u. SW vorh., **zieml.** warm (Schluss kalt), Niederschl. zl. normal. [schlusse.
78	6	**9**	5	7	4	SW vorh., **kalt**, zl. trocken (SW nass).
79	—	4	5	4	**18**	SW bis NW vorh., **sehr kalt, trocken**, Schneedecke.
1880	—	4	**21**	4	2	SW entsch. vorh., **warm, sehr nass** (Ueberschwemmungen im W), **stürmisch**.
81	5	**17**	1	1	7	S vorh., zl. **warm, trocken**, aber sehr neblig.
82	**15**	6	7	2	1	SE—SW vorh., Temp. **nahezu normal, nass** (Ueberschw. im Rheingebiet).
83	2	2	**12**	**11**	4	SW—NW vorh., **warm, nass**, ungewöhnl. hohe Sturmfluth an der west-
84	6	4	**15**	4	2	SE—W vorh., **warm, nass**, unruhig. [deutschen Ostseeküste.
1885	—	4	9	**14**	4	SW—N vorh., Temp. **nahezu normal, trocken**, aber neblig.
86	2	6	**16**	6	1	**warm, nass.**
87	—	5	**11**	**11**	3	Temp. durchschn. **nahezu normal**, bis letzte Dekade mild, **nass**, sehr trübe.
88	5	**13**	2	5	6	**warm, trocken.**
89	8	**14**	3	1	5	**kalt, trocken.**
1890	**14**	12	—	4	1	**sehr kalt, sehr trocken.**
91	—	7	**17**	2	5	**warm, sehr nass, trübe.**
92	3	2	**16**	2	8	**kalt, nass, trübe.**
93	—	**11**	6	4	**10**	**warm, trocken.**
94	3	5	**9**	5	**9**	**warm**, Niederschl. **nahezu normal**, aber unregelm., trübe.
1895	**12**	7	**10**	—	2	Temp. **zieml. normal, sehr nass**, trübe, neblig.
96	**9**	**11**	7	1	3	zl. kalt (S normal), Niederschl. zl. normal, Schneeverw. im Osten.
97	5	**14**	4	4	4	**warm, zl. trocken.**
98	—	7	**19**	2	3	**warm, nass**, stürmisch.
99	—	—	—	—	—	

Digitized by Google

(Fortsetzung der Tab. 7.)

Januar.

	Häufigkeit d. Wettertypen					Witterungs-Charakter
	N und NE	E und SE	S und SW	W und NW	Zentral	
1876	6	**9**	6	—	**10**	**kalt, trocken,** neblig, letzte Woche Temperaturumschlag in den Alpen.
77	**10**	**9**	8	1	3	**sehr warm,** insb. in der 1. Hälfte, **nass,** Sturmfl. in Ostfriesland, Ueberschw.
78	3	5	**10**	**9**	4	**zl. warm, nass,** stürmisch, trübe. [in W-Preussen.
79	**18**	5	6	—	2	E entsch. vorh., **kalt, trocken,** aber trübe und neblig, meist Schneedecke.
1880	—	5	5	**12**	9	W und NW vorh., **kalt, trocken,** aber neblig.
81	3	**10**	3	**11**	4	Windr. veränderl., **sehr kalt, trocken,** heft. Schneestürme am Kanal, meist
82	1	3	10	4	**13**	SW und NW vorh., **warm, trocken.** [Schneedecke.
83	5	**10**	7	3	6	E u. SW vorh., **zl. warm** (aber Temp. sehr schwankend, Niederschl. nahezu
84	—	5	**16**	7	3	S bis NW entsch. vorh., **sehr warm,** nass. [normal.
1885	6	**19**	4	1	1	E bis SW entsch. vorh., **kalt, trocken.**
86	**10**	6	**10**	5	—	Temp. nahezu **normal,** zieml. **nass,** trübe, Schneedecke.
87	**10**	2	6	2	4	**kalt** (letzte Dekade mild), **sehr trocken,** Schneedecke.
88	2	8	8	**9**	4	zieml. **kalt** (Temp. schwankend), **trocken** (III. Dek. nass).
89	**10**	4	8	7	5	**kalt, trocken.**
1890	1	9	**16**	3	2	**sehr warm, nass,** trübe.
91	—	4	10	**11**	6	**kalt, zieml. nass,** trübe, mächtige Schneedecke.
92	7	2	**13**	9	—	**zieml. warm, nass,** trübe, meist Schneedecke.
93	6	9	5	**11**	—	**kalt** (anhaltend), zieml. trocken, Schneedecke.
94	3	**18**	9	1	—	**zl. kalt** (1. Hälfte sehr kalt, 2. Hälfte warm), **zl. trocken,** trübe, neblig.
1895	**11**	5	5	**12**	—	**kalt, zieml. nass,** Schneedecke.
96	2	3	7	**11**	8	**warm, trocken,** aber neblig, Sturmfl. in Ostsee, strenge Kälte in Ungarn,
97	**11**	3	5	9	3	**kalt, nass.** [Siebenbürgen.
98	1	7	**11**	6	7	**warm, nass,** Schneedecke fehlt.
99	—	5	**17**	4	5	**warm, nass.**

Februar.

1876		8	**12**	1	2	**zieml. warm, nass,** Ueberschwemmung in Deutschland, Oesterreich.
77	—	4	**19**	5	—	**warm, sehr nass.**
78	—	2	**11**	8	7	W vorh., **warm, trocken,** aber neblig.
79	6	5	**13**	2	2	W und SW vorh., Temp. **zieml. normal** im N (S zieml. warm), **nass.**
1880	7	**10**	6	1	5	S vorh., **zieml. warm, trocken.**
81	6	**14**	5	2	1	SW bis E vorh., **zieml. kalt** (S normal), **trocken** (NE, SW nass), 1. Hälfte
82	—	5	8	7	**8**	SW vorh., **zieml. warm, trocken.** [stürmisch.
83	**9**	**10**	2	6	1	SE bis W vorh., **warm, trocken, heiter.**
84	7	**9**	8	2	2	SW vorh., **warm, trocken.**
1885	5	**19**	—	1	3	S entsch. vorh., **warm,** Niederschl. durchschn. **normal.**
86	**15**	11	—	1	1	**kalt, trocken,** aber neblig.
87	**8**	4	**8**	6	2	**kalt, trocken,** heiter.
88	**15**	4	1	4	2	**kalt, nass** (viel Schnee).
89	6	—	**14**	7	1	**kalt, sehr nass** (Schnee), Schneedecke.
1890	**11**	5	—	8	4	**kalt, trocken, heiter,** keine Schneedecke.
91	—	5	6	3	**14**	zieml. **warm,** sehr **trocken.**
92	2	**11**	8	8	—	**warm** (Mitte des Monats strenger Frost), zl. trocken, Niederschl. unregelm.,
93	3	6	**17**	1	1	**warm, sehr nass,** trübe. [NE Schneedecke.
94	3	5	**18**	1	1	**warm, nass.**
1895	**13**	2	—	**13**	—	**sehr kalt** (lange anhaltend), **trocken,** Schneedecke.
96	**10**	1	7	5	6	**zl. kalt, sehr trocken,** Hochdruckwetter, schwere Stürme in S-Europa,*)
97	4	2	**13**	4	5	Temp. durchschn. **zl. normal, trocken** (S nass), Ueberschw. in W-Deutschl.
98	—	7	**10**	8	3	**warm, nass.** [und Frankreich.
99	2	5	9	6	6	**warm, trocken.**

*) orkanartige Bora in der Adria.

Digitized by Google

(Fortsetzung der Tab. 7.)

März.

	Häufigkeit d. Wettertypen					Witterungs-Charakter
	N und NE	E und SE	S und SW	W und NW	Zentral	
1876	4	2	**18**	6	1	**warm, sehr nass**, ausgedehnte Ueberschwemmungen, stürmisch.
77	2	6	**10**	8	5	W und SW vorh., **kalt, nass** (Niederschl. im E normal).
78	—	2	11	**17**	1	W und NW vorh., Temp. **zieml. normal, nass**, stürmisch.
79	**12**	—	10	3	6	W und NW vorh., letzte Dekade E, **kalt, trocken**, stürmisch.
1880	**11**	4	4	—	**12**	NE vorh., **zieml. warm, trocken**, stürmisch.
81	6	6	**11**	3	5	W vorwiegend, **kalt** (S warm), **nass**, hoher Wasserstand der Flüsse.
82	—	7	**13**	8	3	SW und W entsch. vorh., **sehr warm**, Niederschl. **zieml. normal**, heiter.
83	8	2	3	**14**	4	W bis NE vorh., **sehr kalt, trocken.**
84	**19**	4	5	2	1	**warm, trocken.**
1885	5	3	4	**17**	2	N vorh., Temp. durchschn. **normal**, Niederschl. nahezu **normal**, trübe.
86	9	**12**	5	3	2	**kalt, zieml. trocken**, neblig.
87	3	5	4	**15**	4	**kalt, trocken** (nur letzte Dekade nass).
88	7	**9**	**10**	5	—	**kalt** (gr. Wärmeschwankungen), **nass**, Hochwasser.
89	5	8	4	**14**	—	**kalt, zieml. nass** (rauhes Winterwetter).
1890	4	**10**	**10**	6	1	**warm, trocken**, zieml. heiter.
91	3	8	**10**	**10**	—	Temp. durchschn. **normal** (1. Hälfte warm, 2. Hälfte kalt), **nass.**
92	**14**	6	—	7	4	**kalt, trocken**, heiter.
93	2	—	9	**10**	**10**	**warm, trocken**, Anfang der 2. Dekade Gewitter.
94	1	6	**12**	6	6	**warm, zieml. nass.**
1895	**8**	3	**9**	6	5	**zieml. kalt, zieml. nass.**
96	—	**12**	**11**	6	2	**warm** (2. Hälfte sehr warm), **nass**, vielf. stürmisch, gr. Niederschl., Lawinen*)
97	7	7	**15**	2	—	**warm, nass**, verhältnissmässig viele Gewitter.
98	7	**9**	**9**	6	—	**zieml. kalt, nass**, Ueberschw. in Südtirol, Hochw. an westl. Ostsee, strenge
99	1	4	7	**12**	7	**kalt, zieml. trocken.** [Fröste in Frankreich.

*) und Erdrutsche in der Schweiz, Schneestürme in Schweden.

April.

1876	**10**	4	6	7	3	**kalt** (Mitte und Ende), Niederschl. **zieml. normal**, zahlreiche Gewitter.
77	**16**	2	—	7	5	E u. NE vorh., **kalt** (ausser 1. Dek.), Nied. durchschn. nahezu **normal**, unregelm.
78	**9**	2	**9**	3	7	E vorh. (W im S), **zl. warm, trocken** (N, S nass), Gewitter zieml. häufig.
79	9	**11**	5	3	2	E vorh. (W im S), **kalt, meist nass**, starke Spätfröste (11.—14.).
1880	8	5	4	**10**	3	schw. veränderl. Winde, **zl. warm, trocken**, heiter (im N, S vielf. regner.,**)
81	9	5	4	**11**	1	E u. W vorh., **kalt, sehr trocken** (im N, im S Niederschl. nahezu normal).
82	7	5	**9**	3	6	SW u. NE vorh., Temp. **nahezu normal, zieml. trocken.**
83	**16**	1	3	5	5	NW bis E entsch. vorh., **kalt, trocken**, heiter.
84	**19**	5	—	6	—	N bis SE und NW bis E vorh., **kalt**, Niederschl. durchschn. nahezu **normal.**
1885	**16**	2	4	4	4	**warm**, meist **nass.**
86	6	**14**	3	6	1	Temp. nahezu **normal, trocken**, vielf. heiter.
87	3	5	3	**15**	4	**zieml. kalt, trocken**, aber grosse Regen häufig, trübe.
88	4	3	10	**12**	1	**kalt, zieml. nass**, trübe.
89	**15**	2	5	8	—	Temp. **normal**, Niederschl. ungleichm. vertheilt, letzte Dekade gewitterreich.
1890	9	1	**10**	5	5	Temp. durchschn. **normal, nass.**
91	**16**	3	2	9	—	**kalt. nass**, trübe.
92	3	7	3	**8**	**9**	Temp. nahezu **normal, trocken.**
93	3	2	3	**19**	3	**warm** (mit kalten Nächten), **sehr trocken**, heiter (3—4wöchentl. Dürre).
94	**18**	6	1	4	1	**sehr warm, trocken** (Dürreperiode).
1895	7	**13**	2	8	—	**warm, meist trocken.**
96	1	—	10	**19**	—	**zl. kalt, nass** (insb. im E), verderbl. Hagel- u. Schneef. in Mittelitalien,
97	**13**	3	10	4	—	**kalt, nass**, heftige Hagelschl. in der Po-Ebene. [heft. Schneest. in Sicilien.
98	**17**	—	6	5	2	**kalt, nass**, trübe, Ueberschwemmung an der unteren Donau.
99	—	6	**13**	5	6	Temp. **nahezu normal, nass.**

**) gewitterreich, vielf. Hagelschläge.

Digitized by Google

(Fortsetzung der Tab. 7.)

Mai.

	Häufigkeit d. Wettertypen					Witterungs-Charakter
	N und NE	E und SE	S und SW	W und NW	Zentral	
1876	9	—	5	**14**	3	**sehr kalt**, meist trocken, ausged. Nachtfr., Oest.-Ungarn Ueberschwemmungen.
77	3	2	5	**12**	4	W vorh., **meist kalt**, Niederschl. **normal**, aber gr. Regenhäufigk., Nachtfr.,*)
78	5	**9**	**9**	3	5	S und SW vorh., **zieml. warm, nass**, gewitterreich, Nachtfröste.
79	9	1	3	14	4	N vorh., **sehr kalt, meist nass**, Niederschlag unregelmässig, gewitterreich.
1880	5	3	7	**15**	1	N vorh., **kalt, meist trocken** (im NW), Nachtfröste, Gewitter zieml. häufig.
81	8	1	**11**	9	2	Temp. **nahezu normal, trocken** (Niederschl. unregelmässig), Nachtfröste.
82	4	5	3	**11**	8	NE vorh., Temp. **nahezu normal, nass**, vereinzelt Nachtfr.
83	3	1	5	**13**	9	W bis N entsch. vorh., Temp. **zl. normal**, Nied. **normal**, vielf Gewitter.
84	—	2	**10**	8	**11**	SW bis N entsch. vorh., **warm**, Nied. **nahezu normal**, vielf. Gewitter, stürmisch.
1885	5	2	**12**	4	8	**kalt, nass**, vielfach Gewitter.
86	3	**7**	**7**	**8**	6	**warm, zieml. nass.** vielfach Gewitter.
87	2	4	9	**15**	1	**kalt, nass**, Nachtfröste (gestr. Herren).
88	2	**9**	8	**10**	2	Temp. **zl. normal, trocken**, Nachtfr. (gestr. Herren), hohe Maximaltemper.
89	—	**29**	1	—	1	**sehr warm**, Niederschl. unregelm., **stellenw. trocken, sehr gewitterreich.**
1890	**16**	1	4	8	2	**warm, meist trocken**, Kälterückfälle, gewitterreich.
91	**10**	6	7	6	2	**warm, zieml. nass.**
92	2	1	**11**	7	**10**	**zieml. warm, meist trocken.**
93	**13**	3	3	10	2	**zieml. warm** (grosse Tagesschwankungen der Temperatur), **trocken.**
94	10	2	4	**14**	1	Temp. **nahezu normal, meist trocken.**
1895	**15**	2	—	8	6	**warm**, nass, Niederschl. ungleich vertheilt, gewitterreich. [Galizien.
96	—	—	—	**31**	—	**kalt, zl. trocken** (im W, im E nass), Nachtfr., sehr starke Regenf. in Ungarn,
97	2	—	8	**18**	3	**kalt, nass**, Nachtfr., namtl. in SW-Deutschl., gewitterr., Hochw. v. Böhmen bis
98	6	2	7	**15**	1	**kalt** (aber zuw. hohe Nachm.-Temp.), **sehr nass**, gewitterr. [Balkanhalbinsel.
99	4	6	5	**13**	3	**kalt, nass**, gewitterreich.

*) Ueberschwemmungen in Ungarn und an der Weichsel.

Juni.

1876	9	—	2	**12**	7	Temp. **nahezu normal** (E zieml. warm), **trocken** (ausser S), vielf. Gewitter.
77	—	4	5	8	**13**	**sehr warm**, Niederschl. **sehr unregelmässig**, gewitterreich.
78	3	4	7	2	**14**	W vorh., Temp. **nahezu normal**, Niederschl. durchschn. **normal**, gewitterreich.
79	—	2	**13**	—	**15**	W vorh., Temp. **normal, nass**, gewitterreich, Ueberschwemm. a. d. Oder.
1880	9	2	**10**	4	5	W u. SW vorh., **zl. kalt, sehr nass**, gewitterr., Ueberschw. insb. i. d. Lausitz.
81	2	4	**12**	7	5	NW vorh., **zl. kalt** (stark schwank.), Nied. **nahezu normal**, vielf. Gewitter.
82	5	1	**11**	8	5	SW und W vorh., **zieml. kalt, nass**, gewitterarm.
83	8	1	5	**11**	5	W bis NE vorh., **zl. warm, sehr trocken**, Ueberschwemmung im SE.
84	3	—	10	**17**	—	N vorh., **kalt, nass**, zieml. gewitterreich.
1885	1	4	4	**12**	**9**	SW bis N vorh., **warm, zieml. trocken**, gewitterreich.
86	3	—	11	**15**	1	**kalt, nass**, vielfach Gewitter.
87	2	—	5	**19**	4	**kalt, trocken.**
88	4	2	7	**13**	4	**zieml. kalt**, Niederschl. ungleichmässig, **zieml. normal.**
89	4	2	5	**17**	2	**warm, meist trocken**, heiter, sehr gewitterreich.
1890	—	—	**15**	9	6	**kalt, nass**, trübe.
91	**11**	—	3	**10**	6	**zl. kühl, nass** (3. Dekade gewitterreich).
92	—	3	**13**	9	5	**kalt, nass**, trübe, gewitterreich.
93	2	—	8	**14**	6	Temp. **nahezu normal, trocken**, heiter.
94	—	—	**22**	6	2	**kalt, nass**, trübe.
1895	6	1	6	**16**	1	Temp. **nahezu normal, nass**, sehr veränderliches Wetter.
96	5	6	**8**	**7**	4	**warm** (grosse Hitze), **nass** (gewitterreich, Niederschl. unregelm.), Ueberschw.
97	4	2	5	**10**	9	**kalt, nass.** [in Niederschlesien.
98	4	2	**10**	**10**	4	**kalt, nass**, gewitterreich.
99	7	—	2	**14**	7	**kalt, zieml. trocken.**

Digitized by Google

(Fortsetzung der Tab. 7.)

Juli.

	Häufigkeit d. Wettertypen					Witterungs-Charakter
	N und NE	E und SE	S und SW	W und NW	Zentral	
1876	—	1	**11**	**18**	6	**zieml. kalt, trocken,** zieml. gewitterreich.
77	2	1	**15**	7	6	SW bis W vorh., Temp. **nahezu normal, meist nass,** sehr gewitterreich.
78	—	—	4	**20**	7	W u. NW vorh., **kalt,** Nied. durchschn. **normal,** unregelm., gewitterarm.
79	—	2	**19**	—	10	W u. SW vorh., **kalt, nass,** trübe, gewitterreich, häufig stürmisch.
1880	—	—	**14**	2	**15**	SW u. W vorh., **zl. warm, sehr nass,** gr. Regenhäufigkeit, gewitterreich.
81	—	1	11	5	**14**	W u. SW entsch. vorh., **warm** (ungew. Hitze), **trocken.** (S norm.), gewitterr.
82	2	—	**10**	8	**11**	SW bis N vorh., Temp. durchschn. **nahezu normal,** nass, gr. Regenhäufigk.,
83	—	3	**16**	3	9	S—SW entsch. vorh., **kalt** (vom 13. an), **nass,** gewitterreich. [gewitterreich.
84	5	4	**14**	2	6	S bis NW vorh., **zieml. warm, nass,** sehr gewitterreich.
1885	1	—	2	**22**	6	W—NW entsch. vorh., Temp. **nahezu normal,** Niederschl. **nahezu normal.**
86	—	1	**14**	8	8	**kalt, meist nass,** Niederschl. unregelmässig, zieml. trübe.
87	1	—	3	11	**16**	**zieml. warm, meist trocken,** vielfach Gewitter.
88	2	2	**21**	5	1	**kalt, nass,** Niederschl. unregelmässig, stark bewölkt.
89	—	2	**13**	**14**	2	**zieml. kalt, nass,** gewitterreich.
1890	1	2	**14**	10	4	**kalt, nass,** trübe, gewitterreich.
91	5	2	7	6	**11**	**zieml. kalt, nass,** Ueberschwemmungen.
92	—	1	4	**21**	5	**zieml. kalt, zieml. trocken.** trübe, gewitterreich.
93	1	3	**10**	**10**	7	Temp. **nahezu normal,** Nied. durchschn. nahezu normal, aber unregelmässig.
94	1	5	**12**	7	6	**warm, zieml. nass,** zieml. heiter.
1895	—	4	**16**	5	6	Temp. **nahezu normal, nass** (Niederschl. ungleichm. vertheilt).
96	2	—	6	**12**	**11**	Temp. **nahezu normal** (sehr schwankend), **nass** (Niederschl. unregelm.),
97	4	—	**12**	10	5	**zieml. kalt, trocken.** gewitterreich. [heftige Gewitter.
98	—	—	5	**21**	5	**sehr kalt, nass,** Ueberschwemmungen in der Osthälfte Deutschlands.
99	3	—	4	**12**	**12**	Temp. **nahezu normal,** Niederschl. nahezu normal, gewitterreich.

August.

1876	3	—	9	5	**14**	SW bis NW vorh., **warm,** Niederschl. **durchschn. normal,** unregelmässig.
77	7	1	**12**	4	7	SW u. W vorh., **zieml. warm, nass** (S trocken), sehr gewitterreich.
78	8	—	**13**	4	6	S bis W vorh., Temp. **zieml. normal, zieml. nass.**
79	1	1	**14**	—	**15**	SW vorh., Temp. **zl. nahezu normal, nass** (ausser Mitteldeutschl.), zl. gewitterr.
1880	6	—	8	**14**	3	NE vorh., Temp. **zieml. normal, nass,** NW zieml. trocken, SE nass mit*)
81	—	2	**18**	1	10	SW u. W vorh., **kalt, nass,** gr. Regenhäufigkeit, heftige Gewitterböen.
82	—	1	**17**	8	5	SW-NW entsch. vorh., **zl. kalt, meist nass,** gr. Regenhäufigk., vielf. Gewitter,
83	3	—	**16**	5	7	SW-NW vorh., **zl. kalt, meist trocken,** gewitterarm. [häufig stürmisch.
84	6	3	7	3	**12**	Temp. **zieml. normal, zieml. trocken,** gewitterreich.
1885	1	2	4	**20**	4	SW bis N vorh., **kalt, nass.**
86	3	1	**13**	7	7	**kalt, nass.**
87	—	3	3	11	**14**	**kalt. trocken,** gewitterarm.
88	2	1	8	**11**	9	**kalt,** Niederschl. **nahezu normal,** unregelmässig vertheilt.
89	—	3	**17**	4	7	**kalt,** Niederschl. **nahezu normal,** unregelmässig vertheilt.
1890	3	3	**13**	9	3	meist **zieml. warm, zieml. nass,** Niederschl. unregelmässig vertheilt.
91	1	3	**18**	3	6	**kalt, nass,** grosse Regenhäufigkeit.
92	1	9	3	6	**12**	**warm, sehr trocken,** heiter.
93	—	2	3	**13**	**13**	**zieml. warm, trocken,** heiter.
94	—	—	**16**	11	4	**zieml. kalt, nass.** trübe.
1895	5	5	**12**	3	6	Temp. **nahezu normal,** zieml. nass, Niederschl. unregelmässig, vielf. Gewitter.
96	3	—	8	**19**	1	**kalt, nass,** schwere Gewitter in S- u. E-Deutschland und Oesterr.-Ungarn.
97	2	6	7	4	**12**	Temp. **zieml. normal, nass,** gewitterreich.
98	8	4	3	5	**11**	**warm, trocken,** Ueberschwemmungen im NW.
99	2	—	3	**13**	**13**	**kalt, trocken.**

*) wolkenbruchartigem Regen, gewitterreich.

Digitized by Google

(Fortsetzung der Tab. 7.)

September.

	Häufigkeit d. Wettertypen					Witterungs-Charakter
	N und NE	E und SE	S und SW	W und NW	Zentral	
1876	2	3	**14**	7	4	**kalt, sehr nass,** zieml. gewitterreich.
77	—	1	6	**14**	9	W–N entsch. vorh., **sehr kalt, trocken** (E nass), starke Nachtfr. am Monatsschl.
78	4	—	**10**	6	**10**	W u. SW vorh., **zieml. warm, normal, sehr trocken,** gewitterarm.
79	**10**	5	6	2	7	**zieml. warm, trocken** (Süddeutschland nass), heiter, gewitterreich.
1880	6	—	8	5	**11**	SW bis NW vorh., **zieml. warm, nass.**
81	**14**	2	5	5	4	NE bis S vorh., **kalt, nass,** Ueberschwemmung im Alpengebiete.
82	8	**7**	5	8	2	E u. SE vorh., Temp. **zl. normal, trocken** (N, im S nass) Ueberschw. im S.
83	**7**	8	**7**	4	4	Temp. **nahezu normal, nass,** vielfach Gewitter.
84	7	5	6	2	**10**	SE bis W vorh., **warm, trocken.**
1885	—	3	**15**	6	6	S bis NW vorh., **zieml. kalt, nass.**
86	1	3	6	7	**13**	**zieml. warm, zieml. trocken,** zieml. heiter.
87	2	5	9	**10**	4	**zieml. kalt,** Niederschl. durchschn. normal, ungleich vertheilt.
88	2	5	3	8	**12**	**kalt, trocken,** heiter.
89	2	1	8	8	**11**	**kalt, nass,** trübe.
1890	4	4	8	**11**	3	Temp. **nahezu normal, trocken.**
91	—	6	**11**	2	**11**	**zieml. warm, meist trocken,** heiter.
92	3	**10**	6	4	7	**meist warm,** Niederschl. durchschn. **normal,** ungleich vertheilt.
93	—	4	**11**	**11**	4	**kalt, zieml. nass,** trübe.
94	3	1	2	**23**	1	**kalt,** Niederschl. durchschn. **normal,** ungleich vertheilt.
1895	—	3	2	8	**17**	**warm, trocken,** sehr heiter.
96	10	2	**15**	1	2	**zl. kalt, nass,** gewitterreich, Hochfluth an der Nordsee, schwere Stürme in
97	1	1	**13**	11	4	**kalt, nass,** zieml. gewitterreich. [Frankreich.
98	2	2	4	6	**16**	**zieml. kalt, trocken.**
99	—	6	**12**	10	2	**kalt, nass,** Ueberschw. in Bayern (bes. in München), Oesterr. u. den Alpenländ.

Oktober.

1876	8	8	4	3	**8**	S bis E vorh., ruhig, **warm, sehr trocken,** sommerlich.
77	4	7	**15**	2	3	S und W vorh., **sehr kalt, nass** (im NW, sonst zieml. trocken).
78	4	**10**	6	4	7	SW vorh., **warm, zl. trocken** (ausser NE u. S), am Monatsschlusse Fröste.
79	3	5	5	**13**	5	W u. NW vorh., **zl. kalt,** Nied. **zl. normal,** trübe, neblig, vielfach stürmisch.
1880	2	4	7	**15**	3	Winde veränderl., **kalt** (Temp. schwankend), **sehr nass,** stürmisch, zahlr.*)
81	**16**	4	4	6	1	E u. NE vorh., **sehr kalt, nass,** gr. Regenhäufigk., Ueberschw. im NW,**)
82	**19**	4	2	2	4	SE vorh., Temp. **nahezu normal, zieml. trocken** (S nass).
83	4	8	**7**	8	4	SE—W vorh., Temp. **nahezu normal,** Nied. **zl. normal,** vielfach stürmisch.
84	1	**10**	**10**	7	3	**kalt, nass,** stürmisch.
1885	4	10	**12**	5	—	S bis W vorh., **zieml. kalt, nass,** unruhig.
86	**17**	6	7	—	1	**warm, zieml. nass,** trübe, neblig.
87	—	3	3	**22**	3	andauernd **kalt, nass** (S zieml. trocken).
88	2	4	8	**12**	5	**kalt, nass,** trübe.
89	**11**	**12**	4	2	2	Temp. **nahezu normal, nass,** trübe, neblig.
1890	—	1	**13**	**13**	4	**zieml. kalt** (Temp. schwankend), zieml. nass.
91	3	**19**	—	—	9	**warm, trocken,** heiter (einem schönen September folgend).
92	3	**11**	4	**11**	2	**zieml. kalt** (besonders 2. Hälfte), **zieml. nass,** zieml. trübe.
93	—	**13**	6	5	7	**warm** (besonders 1. Hälfte), **nass.**
94	5	8	8	**10**	—	**kalt, nass,** trübe.
1895	—	5	**12**	**12**	2	**zieml. kalt, nass,** grosse Regenhäufigkeit.
96	4	**21**	3	2	1	Temp. **zieml. normal, zieml. nass,** vielfach Ueberschwemmungen.
97	6	7	4	**9**	5	**zieml. kalt, trocken,** Ueberschwemmungen im östlichen Italien.
98	**13**	10	2	3	3	**kalt, nass.**
99	2	**11**	1	7	**10**	**zl. kalt, zl. trocken,** im S starke Regeng., stürm., in Russland Schneest.

*) Ueberschw. im W. **) heftige Stürme, Sturmfluth in der Nordsee.

Digitized by Google

(Schluss der Tab. 7.) **November.**

	Häufigkeit d. Wettertypen					Witterungs-Charakter
	N und NE	E und SE	S und SW	W und NW	Zentral	
1876	**11**	**11**	—	5	3	SE vorh., **kalt** (insbes. im E), **nass** (ausser im NE).
77	—	**14**	9	1	6	S und SW vorh., **sehr warm, meist nass** (E trocken), sehr gewitterreich.
78	2	**10**	2	**12**	4	**zl. warm** (ausser im S), Nied. durchschn. **normal**, vielf. stürmisch, Schnee-
79	6	2	5	**16**	1	N bis W vorh., **kalt, zieml. nass**, trübe. [sturm in Wien.
1880	—	4	**13**	5	8	SW vorh., Temp. **zieml. warm**, Niederschl. **normal**, stürmisch.
81	3	**11**	**11**	—	5	S u. SW vorh., **warm**, Niederschl. **normal** (S trocken), vielfach stürmisch.
82	7	1	**17**	4	1	E—SW vorh. (im N, S—NW im S), Temp. **nahezu normal** (schwankend),*)
83	3	**14**	10	1	2	SE—W entsch. vorh., **warm, nass**, intens. Dämmerungsersch. **am Monatsschl.**
84	6	6	6	**9**	3	**zieml. kalt, trocken.**
1885	5	**8**	4	4	**9**	E bis SW vorh., Temp. **nahezu normal** (schwankend), **trocken.**
86	2	**12**	9	6	1	**warm, nass**, trübe, neblig.
87	4	**14**	5	5	2	**zl. warm, meist trocken**, aber gr. Regenhäufigkeit, trübe, neblig.
88	**10**	9	**10**	—	1	Temp. **zieml. normal**, Niederschl. durchschn. **zieml. normal** (unregelmässig).
89	1	5	5	**9**	**10**	**meist warm, sehr trocken**, zieml. heiter.
1890	9	5	**13**	1	2	Temp. **nahezu normal** (schroffe Temp.-Rückschl.), **meist nass.**
91	**9**	**9**	5	5	2	Temp. **nahezu normal**, Nied. **nahezu normal**, gr. Regenhäufigkeit, trübe,
92	**11**	**12**	1	—	6	**zieml. kalt, meist trocken**, trübe. [neblig.
93	2	3	6	**16**	3	**kalt, nass**, trübe.
94	5	**10**	8	3	4	**warm, trocken**, trübe.
1895	6	**11**	8	1	4	**warm, meist nass.**
96	1	**9**	4	**10**	6	**kalt, trocken.**
97	6	**8**	5	6	5	Temp. **zieml. normal, sehr trocken**, Ueberschw. in SE-Spanien.
98	2	**20**	5	—	3	**warm, trocken.**
99	—	—	—	—	—	— —

*) **sehr nass**, Ueberschw. in der Rheinprovinz, vielfach Gewitter.

Im Laufe der letztverflossenen Dezennien hat sich die wissenschaftliche Wettervorhersage allmählich nach drei Richtungen hin ausgebildet, so dass wir jetzt unterscheiden können:

1) Wettervorhersagen für den folgenden bürgerlichen Tag,

2) Wettervorhersagen auf längere Zeit voraus, etwa Monate, Jahreszeiten und Jahre

und dazu kommt noch

3) Wettervorhersagen für einige Tage voraus.

Die erstere Art der Wettervorhersagen (auf den folgenden bürgerlichen Tag voraus) wird gegenwärtig noch von allen wissenschaftlichen Instituten ausgeübt. Hier steht uns ein sehr reiches Erfahrungsmaterial zu Gebote, so dass wir wohl in der Lage sind, ihre Wirksamkeit dem Werthe nach zu beurtheilen. Nun ist es ausserordentlich schwierig, ja wohl kaum ausführbar, die Wettervorhersagen auf ihren wirklichen Werth richtig zu prüfen, weil hier mancherlei Gesichtspunkte in Frage kommen, und daher sind die Trefferprozente, welche von verschiedenen Seiten angegeben werden, so ausserordentlich verschieden. Wenn also Trefferprozente von 80—90% angegeben werden, so müssen diese Zahlen doch mit grösster Vorsicht aufgenommen werden. Eine Wettervorhersage kann mit den nachfolgenden Thatsachen in allen ihren Theilen übereinstimmen bis auf einen einzelnen, worauf es für die Praxis im gegebenen Falle gerade ankommt, so kann sie dennoch schlecht sein, trotzdem etwa 80 bis 90 Trefferprozente herausgerechnet werden. Andererseits kann eine Wettervorhersage recht brauchbar sein, wenn sie in einem praktisch am wichtigsten Punkte zutreffend ist, während die übrigen Muthmaassungen sich nicht bewahrheiten. Wie ich schon wiederholt betont habe, ist für den Werth und die Brauchbarkeit der Wettervorhersagen von maassgebender, ja fast alleiniger Bedeutung das Urtheil des dabei interessirten Publikums. Aber hier gehen die Ansichten sehr weit auseinander. Ein übertriebener Optimismus steht einem ebenso übertriebenen Pessimismus gegenüber. Während die Einen den Wettervorhersagen einen zu hohen Werth beilegen, behaupten die Anderen, dass

Digitized by Google

jene völlig unbrauchbar seien oder doch nur einen sehr beschränkten Werth hätten. Die Wahrheit liegt auch hier, wie gewöhnlich, in der Mitte; allein ein richtigeres oder doch wenigstens ein gerechteres Urtheil finden wir bei solchen, welche von Wind und Wetter in hohem Grade abhängig sind und welche, vertraut mit den Grundlehren der ausübenden Witterungskunde, zu beurtheilen im Stande sind, warum in einzelnen Fällen der Inhalt der Wettervorhersagen den nachfolgenden Thatsachen nicht entspricht und wie hiernach die Wettervorhersage abgeändert werden muss.

Ein wunder Punkt in der Wettertelegraphie ist die ausserordentliche Verspätung der Wetterdepeschen und damit auch die Verspätung der Mittheilung der Wettervorhersagen an das Publikum. An der Seewarte werden die Wettervorhersagen erst um 4 bis $4^1/_2$ Uhr nachmittags aufgestellt und können also erst spät abends oder erst am andern Morgen zu Händen des Publikums gelangen. Hiermit aber ist der Landwirthschaft nicht gedient, indem sie nicht in der Lage ist, hierauf hin ihre Dispositionen zu treffen. Gegenwärtig ist das Reichsmarineamt und das Reichspostamt in Verbindung mit der Seewarte in dankenswerther Weise eifrigst bemüht, eine sehr erhebliche Beschleunigung der zur Aufstellung von Wettervorhersagen nothwendigen Wetterdepeschen herbeizuführen, so dass es ermöglicht wird, die Wetterprognosen schon am Vormittage auszugeben und allseitig zu verbreiten. Wir haben allen Grund zu der Annahme, dass diese Bemühungen von Erfolg begleitet sein werden und können nur wünschen, dass diese Einrichtung zu einem internationalen Systeme sich rasch entwickelt, so dass jede Zentralanstalt, ja jede wichtigere Stadt schon $1^1/_2$ Stunde nach der Morgenbeobachtung im Vollbesitze des wettertelegraphischen Materials sich befindet. Indessen würden wir uns täuschen, wenn wir zu der Auffassung kämen, dass hiermit den Bedürfnissen und den Wünschen der Landwirthschaft — denn um diese handelt es sich hauptsächlich — in befriedigender Weise entsprochen sei, vielmehr ist hiermit eine Hauptfrage noch bei weitem nicht gelöst, welche den Kernpunkt der ganzen ausübenden Witterungskunde bildet. Es handelt sich hier darum, die Wettervorhersage in Bezug auf ihre Treffsicherheit zu erhöhen, sie also zuverlässiger zu machen. Wenn wir nun die Erfolge näher ins Auge fassen, welche wir vor etwa 20 Jahren hatten und welche wir gegenwärtig aufweisen können, so muss allerdings ein erheblicher Fortschritt konstatirt werden, welcher um so mehr ins Gewicht fällt, als es sich um eine Sache handelt, welche für das nationale Wohl von eminenter Bedeutung ist. Das ist der Gedanke, der uns ermuthigt, auf der einmal beschrittenen Bahn unverdrossen fortzuschreiten, wenn wir uns leider auch gestehen müssen, dass das lang ersehnte Ziel — die sichere Vorherbestimmung des Wetters — noch in weiter unabsehbarer Ferne liegt. Fast hat es den Anschein, als wenn wir an der Grenze unserer Leistungsfähigkeit stehen und dass der weitere Fortschritt davon abhängig sei, dass neue Bahnen eröffnet werden, auf denen unsere Forschungen erfolgreich dem Ziele nähergeführt werden. So dürften die Untersuchungen der atmospärischen Verhältnisse der oberen Luftschichten, der gesetzmässigen Aufeinanderfolge grösserer Zeitabschnitte mit gleichem Witterungscharakter, der Beziehungen des Wetters auf dem Atlantischen Ozean zu demjenigen in unseren Gegenden zu bedeutungsvollen, vielleicht unerwarteten Ergebnissen führen; wir wollen es hoffen.

Dabei bleibt noch ein grosser, wohl der schlimmste Missstand zu beseitigen, ein Missstand, welcher der Nutzbarmachung der Wettervorhersagen von jeher so schädlich im Wege stand und welcher trotz so vieler und eifriger Bemühungen nicht gehoben werden konnte. Es ist dies die Urtheillosigkeit des Publikums in Bezug auf die Wettervorhersagen. Das Publikum sieht die Wettervorhersagen als Orakelsprüche, als Prophezeihungen an und unfähig, die unvermeidbaren Misserfolge, die naturgemäss gerade nicht selten sind, mit gerechtem Maassstabe zu beurtheilen, oder die Wettervorhersagen nach den jeweiligen Aenderungen zu modifiziren, kommt es sehr häufig zu der Ansicht, dass die Wettervorhersagen entweder gar keinen oder keinen nennenswerthen Werth haben, und dass sie vor allem mehr oder weniger unbrauchbar seien. In Zusammenhang mit dieser Urtheillosigkeit steht die zweifellose Thatsache, dass Wettervorhersagen, welche auf den vermeintlichen Einfluss des Mondes sich gründen, und deren Unhaltbarkeit von den verschiedensten Seiten sowohl theoretisch als empirisch streng wissenschaftlich nachgewiesen wurde, trotzdem noch eine unglaubliche Verbreitung und eine sehr grosse Anzahl von Anhängern — leider selbst in gebildeten Kreisen — finden.

Und doch sind die Grundsätze, welche der Aufstellung von Wettervorhersagen zu Grunde liegen, so einfach und so gemeinverständlich, dass sie auch von elementar Gebildeten leicht verstanden und angewandt werden können, so dass sich jeder leicht ein eigenes begründetes Urtheil über den Verlauf der jeweiligen Witterungserscheinungen auf Grundlage der täglichen Wetterkarten bilden kann.

Digitized by Google

Bei der zweiten Art von Wettervorhersagen handelt es sich darum, den muthmaasslichen Witterungscharakter auf grössere Zeitabschnitte, etwa Monate, Jahreszeiten und Jahre voraus anzugeben, ein Problem, welches schon seit vielen Jahren in Angriff genommen wurde. Es galt hier hauptsächlich, Gesetzmässigkeiten in der Aufeinanderfolge und dem Wechsel längerer Zeiträume mit gleichem oder doch ähnlichem Witterungscharakter nachzuweisen und dass dieses auch wirklich gelungen ist, dürfte aus den ausgezeichneten Arbeiten von Hellmann zur Genüge hervorgehen. Dann suchte man Beziehungen der Eisverhältnisse (Eisberge) des nordatlantischen Ozeans auf zu dem kommenden Witterungsverlauf in unseren Gegenden oder die Einflüsse der Verhältnisse des atlantischen Ozeans (Golfstrom) zu unserem kommenden Wetter. Alle diese Bemühungen sind gewiss in hohem Maasse anerkennenswerth, sie finden unser regstes Interesse und unsere volle Beachtung, indessen sind die Ergebnisse zu wenig geklärt oder der Zusammenhang ist noch zu lose, als dass sie die Grundlage für eine brauchbare Wettervorhersage abgeben könnten.

Die dritte Art der Wettervorhersage, nämlich diejenige auf mehrere Tage voraus, ist bisher in der Praxis noch nicht zur Anwendung gekommen und doch würde diese den Bedürfnissen der Landwirthschaft gegenwärtig wohl am meisten entsprechen. Mit fortschreitender Erfahrung bin ich zu der Ueberzeugung gekommen, dass es nicht nur möglich, sondern geradezu geboten erscheint, zur Wetterprognose auf mehrere Tage voraus überzugehen. Die Grundlage einer solchen Wettervorhersage habe ich bei verschiedenen Gelegenheiten zur Genüge dargelegt;*) in der gegenwärtigen Arbeit sind dieselben Ziele verfolgt und die Ergebnisse der Untersuchungen auf Grundlage eines 20jährigen Beobachtungsmaterials ziffernmässig dargelegt.

Der Unterschied zwischen der obengenannten dritten und der ersten Art von Wettervorhersagen liegt hauptsächlich darin, dass bei der von mir vorgeschlagenen Methode zwar auf die veränderlichen und leicht beweglichen Depressionen die gebührende Rücksicht genommen wird, aber in erster Linie die mehr beständigen Hochdruckgebiete in Betracht gezogen werden, die ja dem Wetter unserer Gegenden für mehrere Tage, ja für Wochen und Monate einen bestimmten Charakter aufdrücken.

Aus den vorhergehenden Darstellungen geht zweifellos hervor, dass jedem Wettertypus eigenartige Witterungserscheinungen zukommen, welche je nach den Jahreszeiten verschieden sind und dass die Wettertypen eine ziemlich grosse Erhaltungstendenz besitzen. Wären wir nun in der Lage, mit genügender Zuverlässigkeit die Umwandlungen der einen Wetterlage in die andere vorauszusehen, so wäre die Wettervorhersage auf mehrere Tage voraus gegeben. Um nun aber eine solche Beurtheilung vornehmen zu können, ist es vor allem nöthig, dass man die jeweilige Wetterlage über Europa kennt und die Aenderungen verfolgt, welche sich in der Wetterlage vollziehen. Das Material hierzu geben die von den meteorologischen Instituten und von grösseren Zeitungen täglich herausgegebenen Wetterkarten und dann die tabellarischen Wetterberichte, welche von zahlreichen Zeitungen veröffentlicht werden und zur Konstruktion von Wetterkarten benutzt werden können. Indessen dürften die bisherigen Zeitungswetterkarten nur wenig unseren Zwecken entsprechen, zumal sie erst sehr verspätet zu Händen des dabei interessirten Publikums gelangen; die Wettertabellen, die ebenfalls verspätet ankommen, zur Konstruktion von Wetterkarten zu benutzen, darf dem grossen Publikum wohl kaum zugemuthet werden. Andererseits sind die von den meteorologischen Instituten herausgegebenen umfassenden Wetterkarten zu theuer, als dass sie eine allgemeine Verbreitung finden könnten; auch erscheinen dieselben meistens viel zu spät.

Die geplante Umwandlung der Wettertelegraphie kann und wird — das dürfen wir zuversichtlich hoffen — allen Wünschen, soweit es irgendwie thunlich ist, entsprechen. Durch sie wird es ermöglicht werden, dass die Wetternachrichten aus den wichtigeren Ländern Europas schon etwa $1^1/_2$ Stunden nach der Beobachtung (also morgens zwischen 9 und 10 Uhr) an alle wichtigeren Städte Deutschlands gelangt sind, dass an allen wichtigeren Orten je nach Bedürfniss Wetterkarten angefertigt werden, welche noch am Vormittage zur Verausgabung kommen. Diese Wetterkarten müssten eine rasche allseitige Verbreitung finden und zu diesem Zwecke unentgeltlich oder höchstens nur gegen Portovergütung (wie es in den Niederlanden geschieht) abgegeben werden. Die Tageswettervorhersagen könnten zunächst noch bleiben, würden aber nach und nach überflüssig werden.

*) Vergl. „Das Wetter", Jahrg. 1897; „Annalen der Hydrographie etc.", Jahrg. 1897; „Die Wettervorhersage", 1898, bei Enke, Stuttgart; „Die Rundschau", Jahrg. 1898; „Mutter Erde", Jahrg. 1898; in meiner Schrift „Die Beurtheilung des Wetters auf mehrere Tage voraus", bei Enke, Stuttgart, 1896 (die 2. Auflage erscheint in allernächster Zeit). Vergl. auch Verhandlungen des Deutschen Landwirthschaftsrathes 1899, XXVII. Plenarsitzung.

Digitized by Google

Neben diesem Kartenmaterial sind die lokalen Beobachtungen, sowohl mit, als auch ohne Instrumente von hoher Wichtigkeit, welche uns wichtige Aufschlüsse geben zu beurtheilen, ob und wie sich die Wetterlage in der nächsten Zeit ändern wird. An und für sich haben solche lokale Beobachtungen für die Beurtheilung des kommenden Wetters nur einen sehr geringen Werth, dagegen sind sie von hohem Nutzen, wenn wir sie anlehnen an die allgemeinen atmosphärischen Zustände und Bewegungen, welche uns die Wetterkarten in klarer und übersichtlicher Weise veranschaulichen. Die Beobachtung des Luftdrucks, des Windes, der Wärme, des Wolkenhimmels und der Himmelsansicht überhaupt, sowie ihrer Aenderungen geben uns wichtige Anhaltspunkte darüber, ob die Wetterlage sich ändert oder nicht und nach welcher Richtung sie sich ändert.

Dabei ist es unerlässlich nothwendig, dass das grosse Publikum bekannt gemacht werde mit den Grundgesetzen, welche der Wettervorhersage zu Grunde liegen. Und solches zu erreichen ist nicht so schwer, als es den Anschein hat. Denn die Grundzüge der neueren praktischen Witterungskunde sind, wie schon oben bemerkt, so einfach, dass sie Jedermann zugängig sind, ebenso einfach sind die oben aufgestellten Wettertypen, welche für unser Wetter maassgebend sind, und so leicht dem Gedächtnisse einzuprägen, dass schon ein flüchtiger Blick auf die Wetterkarte genügt, um sofort zu entscheiden, mit welchem Wettertyp wir es in einem gegebenen Falle zu thun haben. Nach einiger Uebung wird es Jedermann leicht gelingen, sich selbst ein eigenes begründetes Urtheil über die jeweilige Wetterlage und ihre vermuthlichen Aenderungen zu verschaffen oder eine gegebene Wettervorhersage nach eigenem Urtheil zu modifiziren. Gerade dieses ist der Hauptpunkt, worauf die Nutzbarmachung der Wettervorhersage beruht und welcher die Hauptbedingung zu einer gedeihlichen Fortentwickelung der Wettervorhersage abgiebt. Solange ein solches allmeineres Verständniss nicht erreicbt wird, werden wir uns vergebens bemühen, auf diesem Gebiete etwas bemerkenswerthes zu leisten. Durch populäre Schriften und Vorträge müsste nach dieser Richtunghin eifrigst gearbeitet werden.

Schon seit geraumer Zeit hat sich der Deutsche Landwirthschaftsrath mit der Frage beschäftigt, auf welche Weise es sich ermöglichen liesse, die Wettervorhersage in zweckmässigster und ausgiebigster Weise zu Nutzen der Landwirthschaft zu verwerthen und noch zu Anfang dieses Jahres kam dieser Gegenstand in den Versammlungen jener Korporation zur Besprechung, welche zu folgendem einstimmig gefassten Beschlusse führte (Februar 1899):

„Der Deutsche Landwirthschaftsrath beschliesst:

„Bei dem Herrn Reichskanzler zu beantragen, dass zum Zwecke der Einführung eines wettertelegraphi-
„schen Dienstes für die Deutsche Landwirthschaft thunlichst bald eine Konferenz aus den Direktoren
„der meteorologischen Zentralstellen im Deutschen Reich, aus Kommissionen der Reichsregierung und
„der grösseren Staatsregierungen und aus Vertretern der Landwirthschaft einberufen werde; dem Reichs-
„kanzler als den Ort der Konferenz Hamburg, dem Sitze der Deutschen Seewarte, zu empfehlen".

Wir wollen hoffen, dass hier der richtige Weg eingeschlagen werde, müssen aber dabei bemerken, dass nach unserer Ueberzeugung, welche auf etwa 25jähriger Erfahrung beruht, die Organisation kaum einen nennenswerthen Nutzen haben wird, wenn man ausschliesslich bei der alten Einrichtung der Wettervorhersage für den folgenden bürgerlichen Tag verbleiben wird, welche die Bedürfnisse der Landwirthschaft bisher nicht befriedigt hat und in Zukunft nach dem jetzigen Stande der Wissenschaft auch nicht befriedigen wird, und wenn ein besseres und allgemeineres Verständniss der Grundlagen der Wettervorhersage beim Publikum nicht erzielt wird.

Im September 1899.

Digitized by Google

AUS DEM
ARCHIV DER DEUTSCHEN SEEWARTE.
XXII. Jahrgang 1899.
Herausgegeben von der Direktion der Seewarte.

No. 6.

Untersuchungen über die Strömungen der Ostsee.

Die Dichtigkeitsfläche.

Von

Rudolf Engelhardt.

Hierzu 1 Tafel und 1 Karte.

HAMBURG, 1899.

Gedruckt bei Hammerich & Lesser in Altona.

Digitized by Google

Digitized by Google

No. 6.

Untersuchungen über die Strömungen der Ostsee.

Die Dichtigkeitsfläche.

Von **R. Engelhardt.**

In seinem Werke „Nordhavets Dybder, Temperatur og Strømninger“ (Christiania 1887) hat Professor H. Mohn den Versuch gemacht die in diesem Meere herrschenden Strömungen aus ihren Ursachen herzuleiten und zu berechnen. Ein Auszug aus diesem Werke ist in deutscher Sprache in Peterm. Mitteilungen (Erg.-Heft No. 79: H. Mohn, „Die Strömungen des europäischen Nordmeeres“) erschienen.

Der Verfasser konstruirt zunächst aus den beiden Hauptursachen der Meeresströmungen, d. s. Wind und Dichtigkeitsunterschiede, zwei Stromsysteme, die ihren graphischen Ausdruck in den von ihm sogenannten Wind- und Dichtigkeitsflächen finden.

Um die Windrichtung zu ermitteln, hat Mohn aus langjährigen barometrischen Beobachtungen (besonders aus den Küstengegenden des Nordmeeres) eine Isobarenkarte hergestellt; diese ergiebt nach dem barischen Windgesetz mit Hülfe der barometrischen Gradienten die vorherrschende Windrichtung und Windstärke, aus welchen Daten er dann durch ein empirisches Verfahren die Richtung und Stärke der durch den Wind hervorgerufenen Meeresströmungen und der dadurch erzeugten Abweichungen der Meeresoberfläche von einer bestimmten Niveaufläche berechnet. Das ist seine Windfläche.

Im zweiten Falle (Dichtigkeitsfläche) berechnet er nach einer Methode, die weiterhin des näheren ausgeführt werden wird, nach dem Gesetze der kommunizirenden Röhren die aus der örtlich verschiedenen Dichtigkeit resultirenden Abweichungen der Meeresoberfläche von einer bestimmt festgelegten Niveaufläche.

Durch Superposition der beiden Flächen, der Wind- und der Dichtigkeitsfläche, erhält er dann die sogenannte Stromfläche und daraus weiterhin ein Stromsystem für den betreffenden Meerestheil, welches im gegebenen Falle (allerdings auch wohl infolge einiger aus der Erfahrung genommener Korrekturen) mit dem thatsächlichen Stromsystem, soweit dasselbe erforscht ist, sehr gut übereinstimmt.

Seit Mohn ist dies Verfahren nicht wiederholt, ja kaum kritisch durchgesehen worden, obwohl die wissenschaftliche Meereskunde in den letzten Jahrzehnten erheblich gefördert und namentlich unsere Kenntnisse sowohl von der Luftdruckvertheilung über den Meeresflächen, als auch von der Anordnung der Temperaturen und des Salzgehaltes in horizontaler und vertikaler Richtung im Meere selbst, beträchtlich vermehrt und vertieft worden sind.

Im folgenden soll Mohn's Versuch, wenigstens partiell, wiederholt werden, indem für den Bereich der gesamten Ostsee die Konstruktion einer Dichtigkeitsfläche vorgenommen wird, da in diesem Meeresgebiete die Temperatur- und besonders die Salzgehalts-Vertheilung sehr wechselvoll und für die resultirenden Stromvorgänge von besonderer Wichtigkeit ist.

Digitized by Google

I. Theil.

Allgemeine Ableitung einer Dichtigkeitsfläche.

Zur Bestimmung der Dichtigkeitsfläche geht Prof. Mohn von folgenden Erwägungen aus:*)

Er denkt sich einen vertikalen Meeresdurchschnitt, der Einfachheit halber und in erster Annäherung in parabolischer Form *ABC* (s. Fig. 1). Abgesehen von der Krümmung der Erdoberfläche, der ungleichen Vertheilung des Luftdruckes und der kontinentalen Attraktion würde *AC* die Oberfläche darstellen, wenn das ganze Becken mit einer durchaus homothermen und homohalinen Wassermasse erfüllt wäre, oder wenn wenigstens Temperatur und Salzgehalt eine ganz bestimmte Funktion der Tiefe einer dem Becken angehörigen Wasserschicht wären. Diese beiden Annahmen werden indes kaum je zutreffen. Angenommen jedoch, es wäre der Fall; man kann sich dann von verschiedenen Punkten der Becken-Oberfläche Röhren nach dem tiefsten Punkt *B* gelegt denken, welche alle in *B* kommuniziren. Dann müsste in allen diesen Röhren das Wasser gleich hoch (bis zur Oberfläche *AC*) stehen. Da aber gewöhnlich in der Nähe der Küsten infolge der Aussüssung des Meeres durch Flusswasser sowie durch Temperaturerhöhung eine Dichtigkeitsabnahme stattfindet, so wird das Wasser in den der Küste nächsten Röhren höher stehen als in den entfernteren, und die obere Grenze des Querschnittes wird sich etwa in der Form *OOO* darstellen (wieder unter der Voraussetzung gleichen Luftdruckes etc.). *OOO* ist dann eine Linie gleichen Druckes. Alle anderen Linien gleichen Druckes innerhalb der Fläche *OBO* werden in demselben Sinne wie *OOO* gebogen erscheinen und nur im Punkte *B* in die Gerade übergehen. Dieser Zustand setzt aber ein System kommunizirender Röhren voraus. Sobald diese verschwinden, wird sofort von den Rändern aus ein Fliessen nach der Mitte zu eintreten. Dadurch wird in *B* ein Ueberdruck gegen früher erzeugt, während an den Rändern der Druck sich vermindert hat. Die neue obere Grenze *O'O''O'''* ist noch immer konkav (nach oben) und, abgesehen von der ganz minimalen Luftdruckänderung in Folge der Höhenveränderungen innerhalb der Oberfläche, noch immer eine Linie gleichen Druckes. — In der Umgebung von *B* aber werden die Linien gleichen Druckes jetzt (in demselben Sinne genommen wie an der Oberfläche) konvex sein, da der Druck von der Mitte aus nach den Rändern abnimmt. *S'S''S'''* sei eine solche Linie, dann muss zwischen *S'S''S'''* und *O'O''O'''* aber einmal eine Linie gleichen Druckes liegen, die sich als Gerade darstellt und also mit einer Niveaulinie zusammenfällt. In Fig. 1 sei *GG* diese Linie und die Fläche, die in dem betrachteten Meerestheil durch *GG* dargestellt wird, die also mit einer Niveaufläche identisch sein würde, wird von Mohn die Grenzfläche genannt. Sie ist darnach gleichzeitig Niveaufläche und auch Fläche gleichen Druckes. Unter der Voraussetzung eines konstanten Luftdruckes ist aber die Oberfläche auch eine Fläche gleichen Druckes. Man kann also, wenn man den Salzgehalt und die Temperatur einer beliebigen, auf der Grenzfläche stehenden, vertikalen Wassersäule und die Lage der Grenzfläche selbst kennt, berechnen, wie weit die Oberfläche dieser Wassersäule von der Grenzfläche entfernt ist. Die graphische Darstellung dieser Entfernungen, bezogen auf die Grenzfläche oder eine beliebige andere Niveaufläche, giebt das Bild der Dichtigkeitsfläche.

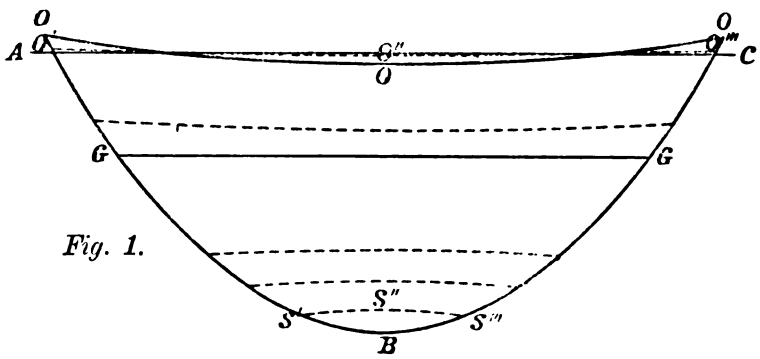


Fig. 1.

Aber diese Fläche, die infolge des stetigen Fliessens nach der Mitte sich ändern muss, würde sehr bald die Einsenkung in der Mitte überwunden haben und sich selbst als Niveaufläche darstellen. Indessen durch den über *B* herrschenden grösseren Druck wird am Grunde das Wasser nach den Rändern hin-

*) Ich habe mich hier ganz den Ausführungen Mohn's angeschlossen, obwohl in den erwähnten Abhandlungen der mathematische Beweis für das thatsächliche Vorhandensein einer Fläche von den Eigenschaften der Grenzfläche nicht erbracht ist. Da mir die mathematische Formulirung nach den hydrodynamischen Gesetzen sehr schwierig und zeitraubend erscheint, so habe ich nicht versucht, sie zu erbringen und kann für ihre Berechtigung nur die Autorität des Herrn Prof. Mohn hier anführen.

Digitized by Google

gedrängt, es findet von B aus ein Abfliessen nach den Küsten zu statt. In der Mitte senken sich die Gewässer fortwährend und heben sich an den Rändern, hier das abfliessende Wasser ersetzend, um dann selbst wieder nach der Mitte hin zu wandern. So entstehen zwei Stromzirkel, wie in Fig. 2. In der Niveaufläche GG findet nur auf- oder absteigende Bewegung statt (allerdings mit schwachen horizontalen Komponenten begabt), oder die anliegenden Wassertheilchen sind in Ruhe. Eine rein horizontale Bewegung ist dort nicht vorhanden.

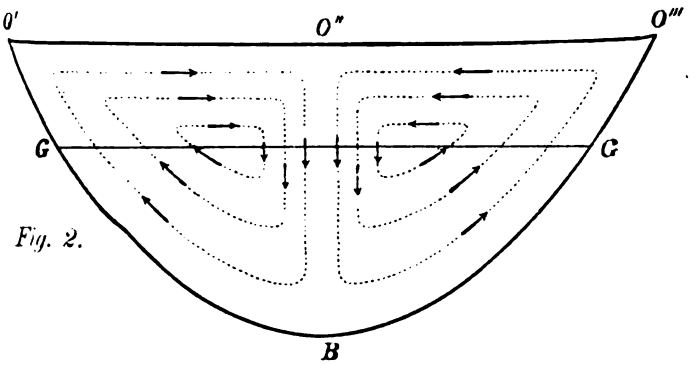


Fig. 2.

Die Umwandlung der Dichtigkeitsfläche in eine Niveaufläche durch die nach der Mitte zu fliessenden Küstengewässer ist also infolge dieser Zirkulation ausgeschlossen. Allein in dieser Zirkulation liegt eine neue Gefahr für das Bestehen der Dichtigkeitsfläche, denn durch Mischung der verschiedenen Salzgehalte und Temperaturen wird sich allmählich eine Uniformität herstellen und dadurch die Dichtigkeitsfläche mehr und mehr der Niveaufläche angepasst werden. Aber einerseits strömt fortwährend frisches Wasser an den Küsten zu, andererseits steht die viel bedeutendere Wirkung der Windströmungen einem derartigen definitiven Ausgleich entgegen, und da man diese beiden Faktoren als zeitlich ziemlich konstant ansehen kann, so wird sich mit der Zeit eine allerdings nicht immer der idealen Form $O'O''O'''$ gleichende, aber doch eine Dichtigkeitsfläche im Sinne der Mohn'schen Theorie herausbilden.

Prof. Mohn beschäftigt sich dann des weiteren mit den Einwirkungen, die andere Kräfte, z. B. Erdrotation und Zentrifugalkraft, auf die horizontale Flussbewegung innerhalb der Flächen gleichen Druckes haben. Da diese Untersuchungen jedoch keinen direkten Einfluss auf die Berechnung der Dichtigkeitsfläche haben, so will ich sie hier übergehen und mich direkt zur Bestimmung der Grenzfläche wenden. Ich will auch hier den Mohn'schen Ausführungen im allgemeinen folgen, obwohl es gewagt erscheinen könnte, hier noch die parabolische Form des Querschnittes zu Grunde zu legen.

Wie schon angedeutet und leicht ersichtlich, ist die Horizontalbewegung an der Oberfläche am grössten, nimmt dann ab bis zur Grenzfläche, wo sie genähert Null ist, nimmt dann allmählich wieder zu, und am Grunde, wo mit Ausnahme der nächsten Umgebung von B ja nur aufsteigende Bewegung stattfindet, ist sie wieder Null. Das Maximum der Horizontalbewegung im Unterstrom liegt also wohl ungefähr in der Mitte zwischen Grenzfläche und Boden. Man sieht nun leicht ein, und die Erfahrung bestätigt dies vollauf, dass unterhalb der Grenzfläche die durchschnittliche Bewegung viel langsamer sein muss als in dem Theil über der Grenzfläche. Die bewegten Wassermassen müssen aber oben und unten gleich sein, da sie sich gewissermaassen um einen Punkt der Grenzfläche als Zentrum bewegen. Daraus folgt unmittelbar, dass die Flächenstücke eines Querschnittes über und unter der Grenzfläche im umgekehrten Verhältniss der in ihnen herrschenden Geschwindigkeiten stehen müssen.

Bei den immerhin geringen Abweichungen der Dichtigkeitsfläche von der Niveaufläche kann man ohne weiteres bei der Berechnung der Area eines solchen Querschnittes die beiden Flächen als zusammenfallend, d. h. $O'O''O'''$ als gerade Linie betrachten. Bezeichnet dann H die Entfernung der Dichtigkeitsfläche vom Punkte B, h diejenige der Grenzfläche von demselben Punkte, A und a die halben Breiten der beiden Flächen, so ergiebt sich nach der bekannten Formel für die Quadratur ebener Kurven

$$\text{Inhalt} = J = \int_a^A y\,dx$$

der Flächeninhalt des Theiles über der Grenzfläche (gerechnet nur für einen Stromzirkel)

$$= \tfrac{2}{3}\left[xy\right]_h^H = \tfrac{2}{3}\left(AH - ah\right)$$

Die Area des Theiles unter der Grenzfläche

$$= \int_0^h y\,dx = \tfrac{2}{3}ah$$

Digitized by Google

Bezeichnet nun V die Geschwindigkeit der Oberströmung, v diejenige der Unterströmung, so ist nach dem oben Gesagten:

$$\frac{AH-ah}{ah} = \frac{v}{V} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

Ferner folgt aus der Parabel-Scheitelgleichung

$$\frac{a^2}{A^2} = \frac{h}{H} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

Dies in die Gleichung (1) eingesetzt giebt ohne weiteres

$$h = H\left(\frac{V}{V+v}\right)^{\frac{2}{3}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

oder die Entfernung der Grenzfläche von der Dichtigkeitsfläche, d. h. von der Oberfläche:

$$E = H\left[1-\left(\frac{V}{V+v}\right)^{\frac{2}{3}}\right] \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (4)$$

Wie oben schon gezeigt wurde, ist V stets grösser als v, d. h. $V:v > 1$, und da für $V:v = 1$ die Grösse $E = 0.37\,H$ wird, so muss die Niveaufläche, welche die Grenzfläche darstellt, immer weniger als 0.37 der Gesamttiefe unter der Oberfläche liegen. Dies gilt freilich nur für parabelförmige Querschnitte, wie Mohn sie vorausgesetzt hat, aber keineswegs kann $E \geq 0.5\,H$ werden, da dieser Werth ein vollständig senkrechtes Abfallen der Küsten und einen ganz ebenen Boden voraussetzte. Andererseits muss man bedenken, dass das Verhältniss $V:v$ schon wegen der grossen Reibung an der unebenen Bodenfläche stets viel grösser als 1 sein wird. Da ein genauer Werth für dasselbe nicht zu ermitteln ist, so setzt Mohn $V:v$ empirisch gleich 3.622, was bei dem Parabelschnitt einem Werthe $E = 0.15\,H$ (wo H also die durch $O''B$ dargestellte Tiefe ist) gleichkommt. In der Praxis setzt Mohn H gleich der durchschnittlichen Gesamttiefe des betreffenden Meerestheils, und zwar für das Nordmeer: $H = 2000$ Faden. $E = 0.15\,H$ wird dann 300 Faden. Er entnimmt diesen Werth 300 Faden (bezüglich $V:v = 3.622$) aus verschiedenen Indizien, so z. B. dem Zusammenrücken, wie es die Isothermen in dieser Tiefe an den verschiedensten Stellen (u. a. auf den norwegischen Küstenbänken) zeigen und schliesst daraus, dass dort die kalte Grundströmung und die wärmere Oberflächenströmung sich berühren. — In dieser Tiefe liegt also dort die Grenzfläche, und je nach der Dichte der darüberliegenden Wasserschichten würde die Oberfläche an einer Stelle höher oder niedriger liegen als eine mit einer bestimmten mittleren Dichte gerechnete Niveaufläche über jener Grenzfläche liegt.

Es kommt also darauf an die Dichte einer bestimmten Wassersäule zu kennen oder zu finden. Diese ist in der Hauptsache von drei Elementen abhängig, erstens von der Temperatur, zweitens vom Salzgehalt und drittens vom Druck. Temperatur und Salzgehalt können durch Beobachtungen sehr genau bestimmt werden, und es lässt sich die Dichte eines Wasserquantums nach dieser Richtung leicht feststellen, indem wir, die Dichtigkeit des reinen Wassers bei 4° C. als Einheit gesetzt, das spezifische Gewicht einer Wasserprobe von der Temperatur t und dem Salzgehalt s, bezogen auf die obige Einheit von 4°, mit $S^{t^\circ}_{4^\circ}$ bezeichen und nach einer bekannten Formel diesen Werth berechnen. Es ist:

$$S^{t^\circ}_{4^\circ} = S^{17.5}_{17.5} \cdot \frac{V^\circ_{4^\circ}}{V^\circ_{17.5}} \cdot \frac{V^s_{17.5}}{V^s_{t^\circ}}$$

wo $S^{17.5}_{17.5}$ des spez. Gewichts dieser Wasserprobe bei 17°5 C. bezogen auf frisches Wasser von 17°5 als Einheit bedeutet. $V^s_{t^\circ}$ ist das Volumen einer beliebigen, aber für den einzelnen Fall konstanten Gewichtseinheit Wasser vom Salzgehalt s und der Temperatur t, so dass also $V^\circ_{4^\circ}$ das Volumen der betreffenden Gewichtseinheit frischen Wassers ($s = 0$) bei einer Temperatur von 4° ist. Auf die Berechnung von $S^{17.5}_{17.5}$ wird später eingegangen werden.

Nicht so einfach ist es, den Druck in Rechnung zu ziehen, und es soll hier, um nicht später die ganze Betrachtung in ähnlicher Weise wiederholen zu müssen, direkt auf die vorliegende Aufgabe Bezug genommen werden, da natürlich in Anbetracht der ganz anderen Bedingungen, die für die Ostsee gegeben sind, auch die Mittel und Wege der Untersuchung andere sein müssen, als bei einer Untersuchung über das Nordmeer. Gleichzeitig soll bemerkt werden, dass ich mich im folgenden ausschliesslich des metrischen Maasssystems

Digitized by Google

bedient habe und als Druckeinheit eine Atmosphäre (Atm.) gleich 760 mm Quecksilberdruck bei 0° C. in 45° Breite an der Oberfläche der Erde gesetzt habe.

Der Druck von einer 1 m hohen Wassersäule vom spez. Gewicht $S\frac{t}{4^0}$ ist in 45° Breite an der Erdoberfläche, wenn wir das spez. Gew. des Quecksilbers bei 0° C. gleich 13.5956 ($log = 1.1333984$) setzen, gleich

$$\frac{1}{0.760} \cdot \frac{S\frac{t}{4^0}}{13.5956} = 0.096780 \,.\, S\frac{t}{4^0} \text{ Atm.} \quad (log = 8.9857880)$$

und 1 Atmosphäre $= 1.03327$ kgr $= \dfrac{10.3327}{S\frac{t}{4^0}}$ m Wasserdruck p. cm² in 45° Breite.

Der Druck also, den eine beliebige Wassersäule auf ihre Unterlage ausübt, ist von den verschiedensten Argumenten abhängig, zuerst wieder von der Dichte oder dem spezifischen Gewicht, d. h. von Salzgehalt und Temperatur. Es werde zunächst, der Einfachheit halber, angenommen, diese Faktoren seien in der zu betrachtenden Wassersäule konstant (ich werde später die Wirkungen dieser Voraussetzung eliminiren), und bezeichnen wir die (abgesehen vom Druck) konstante Dichte mit $S\frac{t}{4^0}$. — Ferner wird die Veränderlichkeit der Gravitationskonstante mit der Breite und mit der Entfernung vom Erdmittelpunkt einen Einfluss auf den Druck haben, und die durch die Umdrehung der Erde hervorgerufene Zentrifugalkraft und ihre Aenderung mit der Tiefe wären eventuell in Rechnung zu ziehen. Vor allem aber kommt die Höhe der Wassersäule für den Druck in Betracht. Indessen damit liegt ein Zirkelschluss vor, denn mit der Höhe wird sich die oben konstant gesetzte Dichtigkeit stetig ändern und damit wiederum der Druck.

Es muss also zunächst untersucht werden: wie verhält sich Salzwasser gegen Druck? Prof. Mohn hat in seiner Abhandlung den Kompressibilitätsfaktor des Salzwassers als konstant gleich 45×10^{-6} angenommen. Der Verwendung dieses Werthes stehen aber im gegebenen Falle Bedenken entgegen.

Der Werth 45×10^{-6} bezieht sich auf einen Salzgehalt von ca. 35 ‰ und konnte bei den geringen Aenderungen innerhalb des Nordmeeres wohl als konstant gedacht werden. In der Ostsee und ihren Anhängseln sind die Salzgehalte durchschnittlich viel geringer und können nichts weniger als konstant gesetzt werden. Ausserdem soll nach Prof. Tait (s. Rep. of the Chall. Exp., Phys. a. Chem. Vol. II. Physical Properties of Water etc. S. 14 f.) die der Mohn'schen Arbeit zu Grunde liegende Druckformel aus den „Travaux et mémoires du bureau international des poids et mesures“ (tome II, D. 30) nicht ganz einwandsfrei sein.

Der Salzgehalt wechselt in den verschiedenen Gegenden und verschiedenen Schichten der Ostsee ungemein rasch. Die in Betracht kommenden Tiefen sind aber verhältnissmässig gering und erreichen 200 m nur selten. Die tieferen Stellen sind alle kesselartig gestaltet und haben wegen ihres geringen Areals keinen merkbaren Einfluss auf die Vertheilung von Temperatur und Salzgehalt und auf die Lage der Grenzfläche. Der Druck ist also sehr gering in den untersten Schichten, wenigstens im Vergleich zu den grossen ozeanischen Tiefen des Nordmeeres. Da auch, wie schon gesagt, für den weitaus grössten Theil der Ostsee die Salinität sehr gering ist, so habe ich als Grundformel für die Kompressibilität die von Tait im obengenannten Werke gegebene Druckformel für frisches Wasser und niedrigen Druck angenommen. Tait giebt ferner das Verhältniss der Kompressibilität von Salzwasser zu der von frischem Wasser als 920 : 1000, oder an anderer Stelle 925 : 1000. Dies bezieht sich auf Wasser von 30 bis 35 ‰. Tait giebt leider keine genaueren Daten über den Salzgehalt seiner Wasserproben. Der Kompressibilitätsfaktor für frisches Wasser und niedrigen Druck ist demnach:

$$\mu = (520 - 17\,p + p^2) \,.\, 10^{-7} - 355\,t \,.\, 10^{-9} + 3\,t^2 \,.\, 10^{-9}.$$

Hierbei ist noch zu beachten, dass der Druck p nach englischem System in *tons* per Zoll ausgedrückt ist; um also diese Formel für Atmosphären-Druck umzugestalten, wäre p mit

$$\frac{1016.046}{13.5956 \,.\, 0.76 \,.\, 2.54^2} = 152.425$$

zu dividiren. (Ich habe 1 *ton* Gewicht $= 1016.046$ kgr gesetzt, Tait giebt 1 *ton* Druck $= 152.3$ Atm.)

In 100 m Tiefe, tiefer kann die Grenzfläche nicht liegen, herrscht ein Druck von ca. 10 Atm. Ich habe nun nach der oben gegebenen Formel, indem ich statt p den Werth $p : 152.4$ eingesetzt habe, den Kompressibilitätsfaktor μ für einen Wasserdruck von 0, 5 und 10 Atm. berechnet, und zwar für die Temperaturen von 0, 5, 10, 15 und 20° C. und die folgenden Werthe erhalten:

Digitized by Google

Druck	$t = 0°$ C.	$t = 5°$ C.	$t = 10°$ C.	$t = 15°$ C.	$t = 20°$ C.
0 Atm.	0.00005200	0.00005030	0.00004875	0.00004735	0.00004610
5 »	5194	5024	4869	4729	4604
10 »	5187	5017	4862	4722	4597

Wie man sieht, würde der Kompressibilitätsfaktor sich, abgesehen von der Temperatur, innerhalb der in Betracht kommenden Druckgrenzen kaum in nennenswerther Weise ändern. Sieht man nun in der That auch von der Temperatur ab und setzt μ innerhalb der obigen Grenzen gleich 0.0000490 für frisches Wasser, so würde man im schlimmsten Falle einen Fehler von ± 3 Einheiten der 6. Dezimale begehen, also

$$d\mu = \pm 0.000003.*)$$

Der Fehler erreicht aber thatsächlich diese Grösse nie, da einmal für Salzwasser μ sich noch im Verhältniss von ca. 92 : 100 verringert, und da andererseits die extremen Werthe von 0 und 20° nie vorkommen; wenigstens bei den hier in Betracht kommenden Rechnungen gehören Temperaturen von 5 und 15° schon zu den Seltenheiten.

Es kommt nun darauf an, eine Methode zu finden, um für die verschiedenen Salzgehalte den Kompressibilitäts-Koeffizienten zu interpoliren. Gegeben sind die beiden Grenzwerthe

0.0000490 für 0 ‰
und 0.0000453 » ca. 35 ‰ (= 0.925 . 0.0000490).

Es würde wahrscheinlich genügen, wenn man einfach für die verschiedenen Salzgehalte geradlinig interpolirte. Indessen da in der Tait'schen Arbeit eine Untersuchung angestellt ist, die einigermaassen als Kriterium dafür dienen könnte, ob es ohne weiteres erlaubt ist, die prozentuelle Abnahme des Kompressibilitätsfaktors als eine konstante zu betrachten, so will ich diese Kontrolle hier durchführen.

Prof. Tait hat nämlich Untersuchungen über die Kompressibilität von Salzlösungen angestellt und giebt dafür eine Formel, wonach dieselbe gleich ist

$$\nu = \frac{0.00186}{36 + p + s}$$

Dabei ist wieder p in *tons* ausgedrückt, also durch 152.4 zu dividiren, und s ist der prozentuelle Salzgehalt. Setzt man der Einfachheit halber $p = 0$ und (bei $p = s = 0$) $\nu = 1000$, so erhält man die folgende Tabelle für die verschiedenen Salzgehalte (das Argument s ist in 0.1 %, also in ‰ ausgedrückt):

s ‰	ν	$\Delta\nu$ p. ‰	s ‰	ν	$\Delta\nu$ p. ‰
0	1000.0		15	960.0	
		2.80			2.52
1	997.2		20	947.4	
		2.70			2.46
2	994.5		25	935.1	
		2.75			2.40
4	989.0		30	923.1	
		2.70			2.34
6	983.6		35	911.4	
		2.65			
10	973.0		31.3	920.0	
		2.60			
15	960.0		29.2	925.0	
		2.52			

*) Gleichzeitig soll hier bemerkt werden, dass im folgenden, um einen Maassstab für den Werth der Methode zu geben, stets mit grössten Fehlern gerechnet wird. Nur zum Schluss habe ich vom Fehler des Druckes dp auch den mittleren und wahrscheinlichen Fehler gegeben, da ja im allgemeinen ein Zusammentreffen aller grössten Fehler ausgeschlossen ist.

Digitized by Google

Wie man sieht, ist die Reihe, wenigstens für Salzlösungen, doch nicht ganz gleichmässig abnehmend, sondern sie zeigt im Gegentheil eine ganz gesetzmässige Abnahme der Differenzen ($\Delta\nu$ pro ‰) bei steigenden Salzgehalten. Die erhaltenen Werthe von ν stimmen indessen, wie die beiden letzten Reihen zeigen, augenscheinlich nicht ganz mit denen von Salzwasser überein. Die Werthe für Salzwasser müssen grösser sein. Wie schon gesagt, Tait giebt leider in seiner Abhandlung keinen genauen Aufschluss über den Salzgehalt seiner Seewasserproben, er deutet nur an, dass seine späteren Proben weiter ausserhalb des Firth of Forth in der Nordsee geschöpft wurden als die ersten, welche dicht unter der Küste entnommen waren. Da er nun im Anfang stets von einem Verhältniss 924 bezügl. 925 : 1000, später aber immer von einem solchen von 920 : 1000 spricht, so kann man wohl annehmen, dass das Verhältniss 920 : 1000 sich auf das später geschöpfte Nordseewasser bezieht, und dass also 920 sich auf einen Salzgehalt von ca. 34 ‰ (wie er nach der von Prof. Krümmel in Pet. Mitt. veröffentlichten Karte in der Nähe der Insel May vorhanden ist) bezieht, während 925 dem salzärmeren Wasser an den Küsten des Firth entspricht.

In der Reihe für die Salzlösungen entspricht 920 einem Salzgehalt von 31.3 ‰. Der Unterschied ist also $34 - 31.3 = 2.7$ ‰. Die Durchschnittswerthe der Differenzen wären

$$\text{für Seewasser:} \quad \frac{1000-920}{34} = 2.352$$

$$\text{für Salzlösungen:} \quad \frac{1000-920}{31.3} = 2.555$$

der Unterschied der Durchschnittswerthe also 0.2, und wenn man sonst annimmt, dass das allgemeine Verhalten der Salzlösungen dem des Seewassers analog ist, so braucht man nur die Werthe der ν (von S. 6) je um die Grösse $0.2 \cdot s$ zu kürzen, um die für Seewasser geltenden Werthe für ν zu erhalten; sie mögen mit ν' bezeichnet werden:

s ‰ =	0 ‰	1 ‰	2 ‰	4 ‰	6 ‰	10 ‰	15 ‰	20 ‰	25 ‰	30 ‰	35 ‰
ν' =	1000	997.4	994.9	989.8	984.8	975.0	963.0	951.4	940.1	929.1	918.4
μ_s =	490.0	488.7	487.5	485.0	482.6	477.7	471.9	466.2	460.6	455.3	450.0

In der Reihe μ_s habe ich in Einheiten der 7. Dezimale die Werthe von μ für die betreffenden Salzgehalte im Verhältniss $\nu' : 1000$ gegeben. Darnach kann man μ_s leicht als eine einfache Funktion von s ausdrücken:

$$\mu_s = 0.0000490 - 0.00000012\, s = (490 - 1.2\, s) \cdot 10^{-7}$$

Der Fehler würde dann im Maximum bei 35 ‰ nur 2 Einheiten der 8. Stelle betragen, also prinzipiell zu vernachlässigen sein selbst gegenüber $d\mu$, dem aus Druck und Temperatur resultirenden Fehler des Kompressibilitätsfaktors. μ_s werde im ferneren stets wieder mit μ bezeichnet, und unter

$$\mu = (490 - 1.2\, s)\, 10^{-7}$$

soll derjenige Werth von μ verstanden werden, der innerhalb der Grenzen $t = 0$ und $t = 20°$ C. in Temperatur und innerhalb eines Wasserdruckes von 0 bis 10 Atm. für jeden Salzgehalt s von 0 bis 35 ‰ gilt, ohne dass der Fehler den Werth ± 0.000003 übersteigt.

Die Dichtigkeit einer gegebenen Wassersäule nimmt mit dem Druck zu, und zwar ist die Dichtigkeit unter einem gegebenen Druck von p Atm. nach einer bekannten Formel gleich

$$S_{(p)} = \frac{S_{\frac{t}{4°}}}{1 - \mu p}$$

Denke man sich jetzt eine Wasserschicht von der Höhe h, innerhalb der sowohl Druck wie Temperatur sich innerhalb der oben gegebenen Grenzen halten und deren spez. Gew. durchaus $S_{\frac{t}{4°}}$ ist (abgesehen vom Druck), so wird in den einzelnen Schichten dieser Säule von der Oberfläche an der Druck alle Werthe von 0 bis p durchlaufen, wenn p der Druck an der tiefsten Stelle ist. Nehmen wir die einzelnen Schichten jetzt so dünn, dass p innerhalb jeder derselben konstant gesetzt werden kann, so wird, da μ konstant ist, das Mittel der Dichtigkeit in allen diesen n Schichten gleich

$$S_{(m)} = \frac{S_{\frac{t}{4°}}}{1 - \mu\left(\frac{0 + \ldots + p}{n}\right)} = \frac{S_{\frac{t}{4°}}}{1 - \frac{1}{2}\mu p}$$

Digitized by Google

sein (wobei allerdings, genau genommen, die Glieder mit μ^2 und höheren Potenzen von μ vernachlässigt sind). Die Dichtigkeit einer Wassersäule, welche die Eigenschaft hat, dass innerhalb derselben eine konstante Temperatur zwischen 0 und 20° C. und ein konstanter Salzgehalt zwischen 0 und 35 ‰ herrscht, ferner, dass der Wasserdruck an ihrem oberen Ende Null, an ihrem unteren Ende kleiner als 10 Atm. ist, — die Dichtigkeit einer solchen Wassersäule kann für die Berechnung des Druckes, den sie auf ihre Unterlage ausübt, unter vollständig genügender Berücksichtigung aller durch Druck in ihr hervorgerufenen Dichteunterschiede für die ganze Schicht konstant gesetzt werden als

$$S_{(m)} = \frac{S\frac{t}{4^\circ}}{1-\frac{1}{2}\mu p}$$

Wir können nun dazu übergehen, den Zusammenhang zwischen Tiefe und Druck zu untersuchen.

Auf Seite 5 wurde der Wasserdruck von 1 m Wasser in 45° Breite an der Erdoberfläche bei 760 mm Quecksilberdruck und 0° C. gefunden als

$$0.096780 \,.\, S\frac{t}{4^\circ} \text{ Atm.}$$

Der Werth 0.096780 soll im folgenden der Kürze halber mit a bezeichnet werden. — Der Druck, den ein bestimmter Körper auf seine Unterlage ausübt, ändert sich mit der Schwerkraft. Die Schwerkraft ist von der Breite abhängig. Prof. Mohn giebt diese Abhängigkeit (nach O. J. Broch, Accélération de la pesanteur) durch die Formel

$$g_{(\varphi)} = g_{45^\circ}(1-0.00259\cos 2\varphi)$$

wo φ die Breite des betreffenden Ortes bezeichnet. Ich will auch darin Mohn folgen, dass ich zur Abkürzung die Grösse $0.00259 = \beta$ setze. Für eine beliebige Breite sei dieser Werth an der Erdoberfläche g_0. Die Dichte wird sich dann mit der Tiefe ändern, und zwar bei konstanter Salinität und Temperatur nur proportional der Schwerkraft, da innerhalb der gezogenen Grenzen wir den Mittelwerth $S_{(m)}$ für jede Wassersäule einführen dürfen.

Es soll dann angenommen werden, dass die Erde ganz und gar aus konzentrischen Kugelschichten bestehe, von welchen jede in sich von gleicher Dichte ist, deren Dichte im allgemeinen aber nach dem Erdmittelpunkt zu zunimmt. Setzen wir diese Dichtigkeit der obersten Schale bis zu einer Tiefe von 100 m konstant gleich K, so wird die Masse einer äussersten Kugelschale der Erde von h m Dicke

$$m = 4\pi K(R^2h - Rh^2 + \tfrac{1}{3}h^3)$$

sein, wobei also vorausgesetzt wird, dass $h < 100$ m sei.

Die ganze Erdmasse ist, wenn die mittlere Dichtigkeit der ganzen Erde gleich D gesetzt wird,

$$M = \tfrac{4}{3}\pi R^3 D.$$

Die Anziehung, die ein Körper von seiten der Erde an ihrer Oberfläche erfährt, ist proportional der Schwerebeschleunigung an dem betreffenden Orte. Diese ist nach dem Newton'schen Gesetz gleich

$$g_0 = n\frac{\frac{4}{3}\pi R^3 D}{R^2} = \tfrac{4}{3}n\pi RD$$

wo n ein nur von der gewählten Krafteinheit abhängiger Proportionalitätsfaktor ist.

Die Anziehung, die ein Körper in der Tiefe h unter der Erdoberfläche erfährt, sei g_h, und diese ist, wenn m die Masse der äussersten Kugelschale von der Dicke h bedeutet,

$$g_h = n\frac{M-m}{(R-h)^2} = \frac{\frac{4}{3}n\pi}{(R-h)^2}\left[R^3D - 3K(R^2h - Rh^2 + \tfrac{1}{3}h^3)\right]$$

und

$$\frac{g_h}{g_0} = \frac{R^3D - 3K(R^2h - Rh^2 + \frac{1}{3}h^3)}{RD(R-h)^2}$$

Dividirt man und ordnet nach Potenzen von $\frac{h}{R}$, so erhält man

$$g_h = g_0\left\{1 + \left(2 - 3\frac{K}{D}\right)\frac{h}{R} + 3\left(1 - \frac{K}{D}\right)\frac{h^2}{R^2} + \frac{h^3}{R^3}\left(\cdots\cdots\right)\right\}$$

Digitized by Google

Es ist nun der Werth K zu bestimmen. Nach den neueren Berechnungen ist der Prozentsatz von Land und Wasser auf der Erdoberfläche ungefähr 72 % Wasser und 28 % Land. Unsere Ostsee ist eines der flachsten Meeresgebiete, und so darf man für die hier geltende Tiefe (= 100 m) wohl auch denselben Prozentsatz der Vertheilung von Land und Wasser beibehalten. Für 72 % der betreffenden Kugelschale wäre also die Dichtigkeit des Meerwassers = 1.026 geltend. Setzt man ferner für die übrigen 28 % die allgemein angenommene mittlere Dichte der Deckschicht unserer Erde, d. i. 2.7, so hätte man:

$$K = \frac{72 \,.\, 1.026 + 28 \,.\, 2.7}{100} = 1.49.$$

R für die mittlere Breite der Ostsee ($\varphi = 60°$) nach der Formel $R\varphi = \sqrt{\frac{a^4 + b^4 \, tang^2 \varphi}{a^2 + b^2 \, tang^2 \varphi}}$ bestimmt, giebt mit den Bessel'schen Konstanten:

$$R_{60°} = 6361.40 \text{ km}$$

und mit dem Clarke'schen Werthe: $R_{60°} = 6361.95$ km.

Ich habe das Mittel aus beiden Werthen genommen:

$$R_{60°} = 6361675 \text{ m} \qquad (log = 6.8035715)$$

und $dR = \pm 275$ m angenommen.

D, die mittlere Dichte der Erde, ist gleich 5.6 gesetzt worden. Rechnet man mit diesen Werthen das mit R^2 dividirte Glied des Ausdruckes für g_h aus, so ergiebt sich der Werth

$$0.000000000000055 \, h^2 \qquad (log = 6.73668 - 20),$$

ein Werth, der für $h = 100$ ganz unmerkbar ist. In noch viel höherem Maasse würden die durch höhere Potenzen von R dividirten Glieder unmerkbar werden.

Es wäre dann der Faktor von h zu untersuchen. Setzen wir ihn zur Abkürzung f, so ist $f = \frac{1}{R}\left(2 - 3\frac{K}{D}\right)$ und mit den oben gegebenen Werthen berechnet, wird

$$f = 0.00000015 \qquad (log f = 3.17819 - 10),$$

ein Werth, der nur durch Multiplikation mit einem grösseren h für uns von Bedeutung werden könnte.

Zum Zwecke einer genaueren Untersuchung über die Zuverlässigkeit dieses Ausdruckes werde er differenzirt.

$$df = -\frac{3\,(D\,dK - K\,dD)}{RD^2} - \frac{\left(2 - 3\frac{K}{D}\right) dR}{R^2}$$

Den zweiten Theil dieses Ausdruckes, der durch R^2 dividirt ist, kann man ohne weiteres dem ersten Theil gegenüber vernachlässigen. Wird $dD = \pm 0.1$ und $dK = \pm 0.2$, so wird df im allerungünstigsten Falle $= \pm 0.00000002$, eine Grösse, die zwar kaum merkbar werden dürfte, die aber bei der Kleinheit von f eine Unsicherheit von ungefähr 13 % darstellt; indessen dürfte ein so hoher Betrag, der ein Zusammentreffen der Maxima der beiden Fehlerquellen mit umgekehrten Vorzeichen voraussetzt, nur selten vorkommen. — Für $h = 100$ würde der Fehler 2 Einheiten der 6. Dezimale betragen, eine Grösse, die der Unsicherheit von g_o gegenüber gar nicht ins Gewicht fällt. Vielleicht dürfte es hier am Platze sein, diese Unsicherheit von g_o kurz zu erörtern. Helmert giebt in seinem „Lehrbuch der höheren Geodäsie", Band II, S. 241, den Werth $g_{(45°)} = 9.805966$ als allgemeine Schwere, d. h. die Resultante aus der Anziehung der Erde und der durch die Erdrotation hervorgerufenen Zentrifugalkraft. Nach ebendemselben Werke (II, S. 155) sind die besten Schwerkrafts-Bestimmungen nur bis auf Einheiten der 5. Stelle genau. Der Fehler df würde also selbst für $h = 100$ unmerkbar sein, während f in dieser Tiefe schon nicht mehr zu vernachlässigen wäre. — Im folgenden soll vorkommenden Falles $g_{(45°,0)} = 9.80597$ und $dg_{(45°)} = \pm 0.00003$ gesetzt werden. Da dieser Werth die allgemeine Schwere darstellt, so ist darin der an der Erdoberfläche vorhandene Einfluss der Zentrifugalkraft schon berücksichtigt. Es bliebe nun noch übrig zu untersuchen, ob eine merkbare Aenderung der Schwerkraft durch die Aenderung der Zentrifugalkraft bei einer Annäherung an den Erdmittelpunkt erfolgt.

Nach einer bekannten Formel ist die Zentrifugalkraft gleich dem Quadrate der Geschwindigkeit, mit der sich ein Körper in seiner Bahn bewegt, dividirt durch die Entfernung vom Bewegungsmittelpunkt. Die Geschwindigkeit, mit der sich ein Punkt der Erdoberfläche in der Breite φ um die Erdaxe dreht, ist:

Digitized by Google

$$= \frac{2\pi R \cos\varphi}{T}$$

wo T die Zeit eines Sternentages $= 86164\,sec$ ist.

Die Komponente der Zentrifugalkraft in der Lothrichtung ist dann

$$C = \frac{4\pi^2 R^2 \cos^2\varphi}{RT^2} = \frac{4\pi^2 R \cos^2\varphi}{T^2}$$

Differenzirt man nach R, so wird:

$$dC = \frac{4\pi^2 \cos^2\varphi}{T^2} dR,$$

und wenn dR gleich der Tiefe h wird, so ist

$$dC = \frac{4\pi^2 \cos^2\varphi}{T^2} h$$

und für $\varphi = 60°$ wird $dC = 0.000000001\,33\,h$. Setzt man $h = 100$, dann ist $dC = 0.000000133$, also ohne Belang, und wir können, unter Einführung des oben definirten Werthes f, jetzt setzen:

$$g_h = g_0(1+fh),$$

und wenn wir die Korrektion für Breite hinzufügen (s. S. 8), so ist:

$$g_{(\varphi,h)} = g_{(45°,0)} \cdot (1+fh)(1-\beta \cos 2\varphi).$$

Denke man sich nun irgendwo in der Ostsee eine vertikale Wassersäule von 1 cm² Querschnitt von der Oberfläche bis zur Tiefe h ($h < 100$ m) reichend, und nehme man dann aus dieser Säule eine unendlich dünne Schicht von der Dicke dh, so wird diese Schicht, ganz abgesehen von den darüberliegenden Schichten, einen Druck auf ihre Unterlage ausüben. Dieser Druck (dp) wird abhängig sein von dem spez. Gewicht, welches wir schon früher als konstant angenommen haben, und welches wir unter voller Berücksichtigung der Druckunterschiede in der ganzen Wassersäule konstant gleich $S_{(m)}$ setzen konnten. Ferner ist der Druck abhängig von dem Quotienten $g_{(\varphi,h)} : g_{(45°,0)}$, wenn wir den Druck in 45° Breite an der Erdoberfläche als Normaldruck annehmen wollen. In Atmosphären ausgedrückt wird dann (s. S. 8) der gesuchte Druck:

$$dp = a\,S_{(m)} \frac{g_{(\varphi,h)}}{g_{(45°,0)}} dh = a\,S_{(m)}(1+fh) \cdot dh\,(1-\beta \cos 2\varphi).$$

Integriren wir jetzt diesen Ausdruck von der Oberfläche bis zur Tiefe h, so erhalten wir den Druck p (in Atm.), den eine Wassersäule von der Tiefe h und dem mittleren spez. Gewicht $S_{(m)}$ (worin schon die Aenderung des Druckes mit der Tiefe enthalten ist) auf ihre Unterlage ausübt:

$$p = a\,S_{(m)}(1-\beta \cos 2\varphi)(1+\tfrac{1}{2}fh)\,h,$$

oder, wenn für $S_{(m)}$ der Werth (Seite 8) eingeführt wird:

$$p = \frac{a\,S_{\frac{t}{4°}}(1-\beta \cos 2\varphi)(1+\frac{1}{2}fh)\,h}{1-\frac{1}{2}\mu p}$$

Indessen ist dabei eine Voraussetzung gemacht (Seite 5), die in Wirklichkeit durchaus nicht zutrifft. Es wurde angenommen, dass innerhalb der ganzen Wassersäule s und t konstant seien; davon müssen wir uns jetzt zu befreien versuchen.

Von allen Faktoren des obigen Ausdruckes ist nur $S_{(m)} = \frac{S_{\frac{t}{4°}}}{1-\frac{1}{2}\mu p}$ von dieser Voraussetzung abhängig. Es ist also nur nöthig diesen Ausdruck zu untersuchen.

Mit jeder und innerhalb jeder einzelnen Wassersäule ändern sich sowohl Temperatur wie Salzgehalt oft in bedeutendem Maasse. Mit dem Salzgehalte aber ändert sich zugleich μ, wie oben (Seite 7) gezeigt wurde. Es muss also μ eingesetzt werden. Dann wird

$$S_{(m)} = \frac{S_{\frac{t}{4°}}}{1-\frac{p}{2}(490-1.2\,s) \cdot 10^{-7}}$$

Um diesen Ausdruck homogen zu gestalten, könnte man versuchen, $S_{\frac{t}{4°}}$ durch s und t auszudrücken. Nach einer oben (Seite 4) gegebenen Formel ist

$$S_{\frac{t}{4°}} = S_{\frac{17.5}{17.5}} \cdot \frac{V^{\circ}_{4°}}{V^{\circ}_{17.5}} \cdot \frac{V^{s}_{17.5}}{V^{s}_{t}}$$

Digitized by Google

Der Werth $V^0_{4^0} : V^0_{17.5}$ ist konstant und kann nach den neuesten Untersuchungen von Scheel $= 1 : 1.00128 = 0.998722$ gesetzt werden.

$S^{17.5}_{17.5}$ lässt sich nach der bekannten von Prof. Karsten gegebenen empirischen Formel

$$S^{17.5}_{17.5} = \left(1 + \frac{s}{1310}\right) = 0.00076336\,(s + 1310)$$

wiedergeben. Also es wird

$$S^{t}_{4^0} = 0.00076238\,(s + 1310) \,.\, \frac{V^s_{17.5}}{V^s_t}$$

Für den Werth $V^s_{17.5} : V^s_t$ existirt meines Wissens noch keine Formel oder Tafel. Wohl giebt es verschiedene Reduktionstafeln, um $S^{17.5}_{17.5}$ direkt in $S^{t}_{4^0}$ zu verwandeln. Da es sich hier aber vor allen Dingen darum handelt die Genauigkeit der Reduktion in Bezug auf s und t und ihre Verwendbarkeit im vorliegenden Falle festzustellen, so muss zunächst der Versuch gemacht werden, mit den Argumenten s und t für den Werth V^s_t, welcher ja den Werth $V^s_{17.5}$ einschliesst, eine Tafel herzustellen und dann entweder für den Werth V^s_t oder für den Quotienten $V^s_{17.5} : V^s_t$ eine passende Formel abzuleiten.

Also zuerst die Volumentafel! Gesucht werden für alle möglichen Salzgehalte von 0 bis 35 ‰ und bei Temperaturen von 0 bis 20° C. die Volumina einer bestimmten Gewichtseinheit Wasser, alle bezogen auf das Volumen dieser Gewichtseinheit bei 4° C., bei dem Salzgehalt Null und 760 mm Quecksilberdruck.

Für frisches Wasser habe ich die von Scheel und Thiesen berechneten Volumenwerthe aus den „Physikalischen und Chemischen Tabellen von Landolt und Börnstein" (15. Tafel) entnommen. Für $t = 17.5$ habe ich für die verschiedenen Salzgehalte $S^{17.5}_{17.5}$ nach der Formel von Karsten berechnet, diesen Werth mit $V^0_{4^0} : V^0_{17.5}$ multiplizirt ($= 0.998722$ s. oben) und dann das Volumen gleich dem reziproken Werthe des spezifischen Gewichts gesetzt. Die Werthe von $V^s_{0^0}$ habe ich nach den Untersuchungen von Rosetti an Meerwasser und Chlornatriumlösungen und von Lenz an künstlichem Meerwasser zu bestimmen versucht. Bei den Chlornatriumlösungen habe ich bei den höheren Salzgehalten eine Kürzung der Intervalle eintreten lassen müssen, da die einzelnen Werthe mit anderen gegebenen Werthen sonst durchaus nicht in Einklang zu bringen waren. Ich glaubte mich dazu um so mehr berechtigt, als auch Prof. Weber (s. Ber. d. Kieler Kommission, IV—VI, S. 1 bis 22) durch eingehende Untersuchungen die übrigens schon von Rosetti ausgesprochene Ansicht bewahrheitet fand, dass bei Salzlösungen die Temperatur der Maximaldichte schneller erreicht wird als bei gleichprozentigem Meerwasser, d. h. wenn man sonst Volumengleichheit annimmt, so muss bei Salzlösungen die der Temperatur entsprechende Volumenabnahme grösser sein als bei Meerwasser. Die übrigen Werthe habe ich aus dem so gegebenen Rahmen dann theilweise durch Inter- bezw. Extrapolation, theilweise durch Anwendung einer von v. Boguslawsky in seiner „Oceanographie", S. 144, gegebenen Formel

$$Vt = 0.99756 + t\,(0.00004 + 0.000006\,t)\,,$$

die indessen nur sehr begrenzte Gültigkeit hat, gewonnen.

Die folgende Tabelle giebt in der Hauptsache die erhaltenen Resultate:

V^s_t für $s =$	0 ‰	5 ‰	10 ‰	15 ‰	20 ‰	25 ‰	30 ‰	35 ‰
$t =$ 0° C.	1.000127	0.996120	0.992100	0.988180	0.984270	0.980410	0.976540	0.972700
= 5°	1.000008	0.996076	0.992171	0.988299	0.984447	0.980628	0.976835	0.973080
= 10°	1.000265	0.996386	0.992532	0.988707	0.984913	0.981150	0.977418	0.973719
= 15°	1.000857	0.997034	0.993223	0.989454	0.985712	0.981996	0.978317	0.974658
= 17°5	1.001273	0.997473	0.993695	0.989944	0.986223	0.982529	0.978863	0.975224
= 20°	1.001751	0.997973	0.994212	0.990479	0.986769	0.983086	0.979432	0.975810

Diese Tabelle kann einen Anspruch auf grosse Genauigkeit nicht machen, schon infolge der verschiedenen, ganz unvergleichbaren Quellen, aus denen das Material stammt. Indessen sie wird für unsere Zwecke ausreichend sein, denn: erstens wird nur ein Quotient aus je 2 Gliedern gebraucht, und da in Folge der vielfach angewendeten Interpolation die Fehler meist in demselben Sinne liegen, so heben sie sich dadurch theilweise auf; zweitens soll in der Hauptsache nur eine Näherungsformel gefunden werden, um die Einflüsse,

Digitized by Google

welche die Fehler der Temperatur- und Salzgehaltsbestimmungen auf unsere Untersuchungen haben, festzustellen. Für die praktische Berechnung ist es jedenfalls ebenso genau und, weil leichter, auch empfehlenswerther, eine der vorhandenen Korrektionstafeln zu benutzen. Es wurde also aus der ersten Tafel eine zweite berechnet, welche direkt den Quotienten $V^s_{17.5} : V^s_t$ liefert und welche folgende Werthe ergiebt:

$\frac{V^s_{17.5}}{V^s_t}$ für $s =$	0 ‰	5 ‰	10 ‰	15 ‰	20 ‰	25 ‰	30 ‰	35 ‰
für $t = 0°$ C.	1.001153	1.001368	1.001608	1.001785	1.001983	1.002162	1.002379	1.002595
5°	1.001267	1.001402	1.001536	1.001665	1.001804	1.001939	1.002076	1.002203
10°	1.001012	1.001090	1.001172	1.001252	1.001330	1.001406	1.001478	1.001546
15°	1.000417	1.000440	1.000475	1.000496	1.000519	1.000544	1.000558	1.000581
20°	0.999521	0.999502	0.999480	0.999460	0.999447	0.999434	0.999419	0.999400

Mit Hülfe der Methode der kleinsten Quadrate wurde für diese Tafelwerthe die Formel gefunden:

$$\frac{V^s_{17.5}}{V^s_t} = 2\,s\,(20.598 - 1.369\,t + 0.002\,t^2 + 0.0005\,t^3)\,.\,10^{-6} + G\,,$$

wo G der Quotient aus $V^\circ_{17.5} : V^\circ_t$ entweder mit den Werthen von Scheel berechnet werden kann oder nach der Formel:

$$G = \frac{1.001279\,t + 67.346}{0.00000198\,t^3 + 0.0005445\,t^2 + 0.995549\,t + 67.269}\,.$$

Diese letztere Formel ist aus einer Ausdehnungsformel für destillirtes Wasser gewonnen, welche (aus einer viel grösseren Anzahl von Werthen als die oben angeführten berechnet) in den Beiblättern zu den „Annalen der Physik und Chemie“ (1898) veröffentlicht ist. Es soll nun $\frac{V^s_{17.5}}{V^s_t}$ differenzirt werden. Zur Vereinfachung werde der Nenner von $G = A$, und die Klammer $(20.598 - 1.369 +$ etc.$) = B$ gesetzt. Dann ist

$$d\,\frac{V^s_{17.5}}{V^s_t} = \frac{1.001279\,A\,dt - (1.001279\,t + 67.346)\,dA}{A^2} + 2\,(s\,dB + B\,ds)\,.\,10^{-6}$$

wo $dA = (0.00000594\,t^2 + 0.001089\,t + 0.995549)\,dt$

und $dB = (0.0015\,t^2 + 0.004\,t - 1.369)\,dt$ ist.

Damit kann man sich nun einen Einblick verschaffen, wie eine fehlerhafte Bestimmung von t und s auf unsere Rechnung wirkt. Es müssen aber ds und dt bekannt sein; dann wird zunächst ihr Einfluss auf die Bestimmung von $\frac{V^s_{17.5}}{V^s_t}$ untersucht werden können.

t und s und damit dt und ds sind indes in diesem Falle nicht so einfach zu bestimmen, da die Temperatur und namentlich der Salzgehalt in den einzelnen Wasserfäden in den verschiedenen Tiefen ganz bedeutenden Schwankungen ausgesetzt sind.

Ich habe da folgendes Verfahren eingeschlagen. Es wurde für eine beliebige Schicht, meist $2\frac{1}{2}$ oder 5 m, zuweilen auch 10 m, je nachdem die Beobachtungen vorlagen, aus den Grenzwerthen der Salzgehalte der Mittelwerth genommen und mit der betreffenden Anzahl Meter als Gewicht multiplizirt; diese Produkte wurden addirt und durch die Gesamttiefe der Wasserschicht dividirt. Ebenso wurde es bei der Temperatur gehandhabt. Die so erhaltenen Werthe wurden als Mittelwerth in Salzgehalt bezw. Temperatur für die betreffende Wassersäule genommen. Nimmt man dann an, dass die beobachteten Salzgehalte bis auf ± 0.03 ‰, d. h. die spez. Gew. auf ± 2.5 Einheiten der 5. Dezimale richtig bestimmt sind, so wird sich durch die Reduktion auf den Mittelwerth der Fehler wohl auf ca. ± 0.1 ‰ erhöhen. (Das wäre bei einem Gesamtunterschied von 7 ‰ in der Wassersäule, meist ist es bedeutend weniger und nur etwa in der Beltsee einige Male mehr, ein Fehler von ungefähr $1\frac{1}{2}$ % des Gesamtunterschiedes!) — Bei der Temperatur sei der durchschnittliche Beobachtungsfehler ± 0.05 C. gesetzt und der Fehler des Mittels gleich 0.2 C.*) Wird dann

*) Ich möchte hier noch sagen, dass mir im Laufe der Rechnung Zweifel gekommen sind, ob meine Annahme, den Beobachtungsfehler in $t = 0.05$ C. zu setzen, auch genügend war, denn in einzelnen Fällen sind die Abweichungen in den gleichzeitigen Angaben zwischen dem Ekman'schen und dem Miller-Casella'schen Thermometer recht bedeutend. Die Fehler in den Salzbestimmungen scheinen indes im allgemeinen geringer zu sein als angenommen.

Digitized by Google

für eine Mitteltemperatur von 10° C. der Werth $d\frac{V^s_{17.5}}{V^s_t}$ ausgerechnet, so erhält man für die verschiedenen Salinitäten die folgenden Werthe:

$s =$	$3\,‰$	$5\,‰$	$10\,‰$	$20\,‰$	$30\,‰$
$d\frac{V^s_{17.5}}{V^s_t} =$	-1.48×10^{-6}	-1.96×10^{-6}	-3.2×10^{-6}	-5.6×10^{-6}	-8.0×10^{-6}

Die Formel vereinfacht sich überhaupt sehr, denn der ganze Werth dG wird Null und es bleibt bloss $d\frac{V^s_{17.5}}{V^s_t} = (-0.24\,s \pm 0.76)\,.\,10^{-6}$. Die gegebenen Werthe stellen den ungünstigeren Fall dar; $20\,‰$ und $30\,‰$ kommen aber als Mittelwerthe kaum oder nie vor, und so soll im folgenden der Fehler in $(V^s_{17.5} : V^s_t)$ konstant

$$d\frac{V^s_{17.5}}{V^s_t} = \pm 0.000003$$

gesetzt werden.

Seite 11 wurde gefunden $S\frac{t}{4^\circ} = 0.00076238\,(s+1310)\cdot\frac{V^s_{17.5}}{V^s_t}$

Differenzire man diesen Ausdruck:

$$dS\tfrac{t}{4^\circ} = 0.00076238\left[(s+1310)\left(d\frac{V^s_{17.5}}{V^s_t}\right)+\frac{V^s_{17.5}}{V^s_t}\,ds\right]$$

und setze den ungünstigen, thatsächlich hier nie vorkommenden Fall, dass $s = 20\,‰$, $t = 5°$ C. sei und ds und $d\frac{V^s_{17.5}}{V^s_t}$ die früher bestimmten Werthe haben, so wird:

$$dS\tfrac{t}{4^\circ} = \pm 0.0000794 = \pm 0.00008 \qquad \text{allerhöchstens.}$$

$$S_{(m)} = \frac{S\frac{t}{4^\circ}}{1-\frac{p}{2}\,(490-1.2\,s)\,.\,10^{-7}} \qquad \text{(s. Seite 10).}$$

Differenzirt, ergiebt sich:

$$dS_{(m)} = \frac{\left[1-\frac{p}{2}\,(490-1.2\,s)\,.\,10^{-7}\right]\left(dS\frac{t}{4^\circ}\right)-S\frac{t}{4^\circ}\cdot 0.6\,p\,.\,10^{-7}\,ds}{\left[1-\frac{p}{2}\,(490-1.2\,s)\,10^{-7}\right]^2}$$

Streng genommen müsste auch nach p differenzirt werden; da wir jedoch über den Fehler von p noch nichts wissen, so muss vorläufig p als konstant betrachtet werden, und es soll $p = 10$ Atm. gesetzt werden. Der Einfluss eines kleinen Fehlers in p ist übrigens völlig belanglos in Bezug auf $dS_{(m)}$. Setzt man $s = 20\,‰$, $ds = 0.1$ und (für $s = 20$ und $t = 5$) $S\frac{t}{4^\circ} = 1.0156$, $dS\frac{t}{4^\circ} = \pm 0.00008$, so erhält man, wiederum den ungünstigsten Fall gesetzt:

$$dS_{(m)} = \pm 0.00008.$$

Der Fehler ist, wie man sieht, bedeutend und in der Hauptsache von $dS\frac{t}{4^\circ}$ abhängig. Im letzteren Werth ist besondes ds von Einfluss auf die Grösse des Fehlers. Man muss also Sorge tragen, besonders bei hohen Salzgehalten und niedrigen Temperaturen, ds klein zu halten, da mit wachsendem s der Faktor von ds, d. i. $\frac{V^s_{17.5}}{V^s_t}$ grösser wird.

Somit sind die Wirkungen unserer anfänglichen Voraussetzung, dass s und t in einer gegebenen Wassersäule konstant sein sollen, eliminirt und innerhalb der Temperaturgrenzen von 0 bis 20° C., der Salinität von 0 bis $20\,‰$, der Tiefe von 0 bis 100 m und innerhalb der soeben berechneten Fehlergrenzen durch die Bedingung ersetzt, dass s und t die (durch die auf Seite 12 angegebene Methode bestimmten) Mittelwerthe der zu untersuchenden Wassersäule seien.

Wir kehren jetzt zu dem auf Seite 10 gefundenen Ausdruck zurück:

$$p = \frac{a\,S\frac{t}{4^\circ}\,(1-\beta\cos 2\varphi)\,(1+\frac{1}{2}fh)\,h}{1-\frac{1}{2}ap}$$

Diese an sich quadratische Gleichung würde im vorliegenden Falle wohl am besten durch Annäherung gelöst. Bei den geringen Tiefen der Ostsee würde wahrscheinlich immer eine zweimalige, sicher aber stets eine dreimalige Annäherung genügen.

Digitized by Google

Differenzirt man nach $S\frac{t}{4^\circ}$, φ, f und μ, so wird

$$dp = \frac{a(1+\frac{1}{2}fh)\,h\,(1-\beta\cos 2\varphi)}{1-\mu p}\,dS\frac{t}{4} + \frac{2aS\frac{t}{4}\,(1+\frac{1}{2}fh)\,h\,.\,\beta\,.\sin 2\varphi}{1-\mu p}\,d\varphi$$

$$+\frac{\frac{1}{2}aS\frac{t}{4}\,(1-\beta\cos 2\varphi)\,h^2}{1-\mu p}\,df + \frac{\frac{1}{2}p^2\,d\mu}{1-\mu p}$$

p für $h = 100$ m berechnet und in erster Annäherung 10 gesetzt, giebt sofort in zweiter Annäherung genau $p = 9.847$ Atm. Setzt man ferner für $s = 20\,^0/_{00}$, $t = 5^\circ$ C., also $\mu = 466\times10^{-7}$, $S\frac{t}{4^\circ} = 1.0156$ und für a, f, $dS\frac{t}{4^\circ}$, df, $d\mu$ die bereits bekannten Werthe, φ ein Mittel für die Ostsee gleich 60° und $d\varphi$, den Fehler einer Breitenbestimmung auf See, gleich $\pm 0'.5 = 0'.008$, so erhält man im Maximum dp:

$$dp = \pm 0.000766 \pm 0.000350 \pm 0.0000098 \pm 0.000145.$$

Wie man sieht, ist der Fehler in f den anderen gegenüber vollständig zu vernachlässigen. Der mittlere Fehler einer Druckbestimmung in 100 m Tiefe wäre demnach gleich

$$\pm 10^{-6}\sqrt{776^2+350^2+145^2+9.8^2} = \pm 0.000864 \text{ Atm.}$$

oder in Wasserdruck ($S\frac{t}{4^\circ} = 1.0156$) gleich

$$\pm\frac{10.3327}{1.0156}\cdot 0.000864 = \pm 0.0088 \text{ m} = \pm 8.8 \text{ mm}$$

oder in Quecksilberdruck gleich ± 0.647 mm.

Die entsprechenden wahrscheinlichen Fehler wären dann für 100 m Tiefe, $s = 20\,^0/_{00}$ und $t = 5^\circ$ C.:

$$\begin{aligned} dp &= \pm 0.000576 \text{ Atm.} \\ &= \pm 5.9 \text{ mm Wasserdruck.} \\ &= \pm 0.43 \text{ mm Quecksilberdruck.} \end{aligned}$$

Ich habe mich im vorstehenden bemüht, die einzelnen Fehlergrössen so in Rechnung zu ziehen, wie sie am wahrscheinlichsten sind. Im Zweifelsfalle habe ich lieber den grösseren Fehlerwerth beibehalten. Daher erklärt es sich auch, dass meine Fehlerwerthe im Verhältniss zu den geringen Tiefen ungleich grösser sind als die von Prof. Mohn gefundenen.

Es bleibt nun nur noch übrig, den Fehler zu untersuchen, den eine fehlerhafte Bestimmung der Grenzfläche auf die Werthe der Dichtigkeitsfläche hat. Die Dichtigkeitsfläche und die Grenzfläche sind beide Flächen gleichen Druckes. Wenn man sich nun vergegenwärtigt, dass die Flächen gleichen Druckes alle ihre konvexe Seite der Grenzfläche zukehren (siehe Fig. 1, Seite 2), so erkennt man sofort, dass, wenn man eine höher gelegene Fläche gleichen Druckes als Grenzfläche annimmt, man zu kleine Werthe für die relative Lage der Dichtigkeitsfläche erhält, und zwar wird der Fehler grösser nach den Rändern zu, d. h. die Werthe werden verhältnissmässig noch kleiner. Bei einer zu niedrigen Festlegung der Grenzfläche wachsen umgekehrt die Werthe und zwar wiederum nach den Rändern zu in erhöhtem Maasse. Um also die die Dichtigkeitsfläche hervorbringenden Niveauunterschiede nicht zu überschätzen, ist es jedenfalls gerathen in zweifelhaften Fällen die Grenzfläche etwas höher zu legen.

Nach dieser theoretischen Grundlegung kann ich mich nun zur praktischen Ausführung meiner Aufgabe wenden. Es wird sich dabei herausstellen, dass bis auf eine einzige Ausnahme (die beobachteten Temperaturen, s. Anm. S. 12) die Fehler sich in meist viel engeren Grenzen halten als sie oben berechnet sind. Ich hielt es indessen, gewissermaassen als Prüfstein für die Brauchbarkeit der Methode, für nöthig, die theoretische Entwickelung unter Ansetzung möglichst ungünstiger Verhältnisse durchzuführen.

Digitized by Google

II. Theil.

Die Dichtigkeitsfläche der Ostsee.

Als Material für die Bearbeitung der Dichtigkeitsfläche der Ostsee haben mir zur Verfügung gestanden:

1) Die Ergebnisse der schwedischen Expeditionen vom Jahre 1877 unter Leitung von F. L. Ekman, welche in den „Abhandlungen der schwedischen Akademie der Wissenschaften" (Band 25, No. 1) in Stockholm 1893 erschienen sind, und zwar nach Ekman's Tod weitergeführt und abgeschlossen von dem bekannten schwedischen Gelehrten Prof. O. Pettersson. Dieses Material erstreckt sich über die ganze Ostsee mit Ausnahme des finnischen Meerbusens.

2) Gust. Ekman und Otto Pettersson, De hydrografiska Förändringarne inom Nordsjöns och Östersjöns Område 1893—1897. (Stockholm, 1897.) Es wurden 2 Stationen im Skagerrak daraus entnommen.

3) Beretning fra Kommissionen for videnskabelig Undersøgelse af de danske Farvande. (Kopenhagen, 1896, 1897 und 1899).

4) Für den finnischen Golf habe ich die Beobachtungen auf einigen Stationen des russischen Admirals Makaroff benutzt, welche er auf der Ausreise und Heimreise mit der „Vitiaz" gemacht hat. Auch sonst sind einige seiner Stationen mit Vortheil verwendet worden. (Makaroff, „Le Vitiaz et l'Océan Pacifique." 2 vol. St. Petersburg, 1894.)

Ausserdem habe ich noch für einige Stationen die Untersuchungen von Prof. Krümmel benutzt, welche er in Peterm. Mitteil. 1895, Heft IV und V, unter dem Titel „Zur Physik der Ostsee" veröffentlicht hat. Herr Prof. Krümmel, dem ich für die Anregung zu dieser Arbeit und für die Ueberlassung des Materials grossen Dank schulde, hat mir auch einige handschriftliche Beobachtungen aus der Beltsee zukommen lassen.

In der Hauptsache habe ich mich jedoch an die schwedischen Beobachtungen gehalten, schon um möglichst die Einheitlichkeit zu wahren, denn wie auch Prof. Krümmel in seiner oben genannten Abhandlung andeutet: es kann nicht geleugnet werden, dass in Bezug auf Einzelheiten der Temperatur- und Salzvertheilung die Ostsee zu den verschiedenen Jahreszeiten und in den verschiedenen Jahren ein ganz verschiedenes Bild darbietet, wenn auch der Grundcharakter vielleicht derselbe bleibt; wenigstens fügen sich alle anderen Beobachtungen mit wenig Ausnahmen den schwedischen sehr gut ein. Aus diesem Grunde der Verschiedenheit zu den einzelnen Jahreszeiten habe ich es auch vermieden die Oberflächen-Temperaturen etwa als Jahresmittel darzustellen. Ich habe eben nur versucht ein Bild zu geben von dem Zustande der Ostsee, wie er etwa zur Zeit der schwedischen Expeditionen im Jahre 1877 sich darstellte. Dass sich die anderen Stationen den schwedischen so gut einfügen lassen, lässt allerdings, wie schon oben angedeutet, stark vermuthen, dass das Gesamtbild der Dichtigkeitsfläche stets mehr oder weniger dasselbe ist.

Es handelt sich nun darum die Grenzfläche festzulegen. Auf Seite 3 wurde der Weg angegeben, den Mohn genommen hat, und auch darauf hingewiesen, dass in dieser Grenzfläche hauptsächlich der schwache Punkt der ganzen Methode liegt; auch eine strenge Festlegung derselben ist, wenigstens nach unserem heutigen Wissen, unmöglich, und selbst eine nur genäherte ist leicht anfechtbar, da sie eben mehr oder weniger Hypothese bleiben muss. Indessen scheint mir das von Mohn gegebene Kriterium: die Grenzfläche dahin zu legen, wo die Häufung der Isothermen eine innige Berührung von Wasserschichten verschiedener Temperatur anzeigt, in vielen Fällen zutreffend zu sein, besonders wenn, wie dies öfter der Fall ist, eine auffällige Steigerung des Salzgehaltes nach unten damit verbunden ist. Ich habe nun das Material darauf hin geprüft, und ich glaube deutliche Zeichen einer solchen Grenzschicht wahrzunehmen, allerdings mit gelegentlichen Schwankungen nach unten, die sich aber sehr leicht durch Konvektion und andere, lokale Einflüsse erklären lassen. So z. B. haben bei der geringen Tiefe von 18 m schon die Windwellen eine Verschiebung nach unten zur Folge. Ich fand übrigens diese Beobachtung schon in der erwähnten Abhandlung von Prof. Krümmel „Zur Physik der Ostsee" erwähnt, wo er sich des näheren über diese von ihm sogenannte „Sprungschicht" auslässt. Dieselbe tritt auch ganz deutlich auf fast allen in der Ekman-Pettersson'schen Abhandlung (Mat.-Verz. No. 1) gegebenen Profilen hervor, wie die auf Tafel I gegebenen Beispiele (mit Ausnahme von Profil 6) deutlich zeigen.

Die Fehler, die durch eine gleichmässige Verschiebung (d. h. eine unrichtige Festlegung) der Grenzfläche entstehen, sind, abgesehen von kleinen relativen Schwankungen, wie sich dies bei der mathematischen Behandlung zeigen wird, in allen Werthen dieselben. Ich werde also nach dem auf Seite 14 gegebenen

Digitized by Google

Prinzip die Grenzfläche lieber ein wenig höher legen, als die meisten Profile sie zeigen (in ca. 20 m) und habe sie darum in einer Tiefe von 18 m fixirt. Bemerkenswerth ist hierbei, dass ebenso wie bei Mohn die Grenzfläche in einer Tiefe von ca. 0.15 H liegt, wo H jetzt die mittlere Gesamttiefe ist (bei Mohn 2000 Faden). Die durchschnittliche Tiefe der Ostsee, wenigstens des tieferen Haupttheiles, dürfte sich nicht weit von 120 m entfernen. Für einige Theile, z. B. die Beltsee, trifft dies freilich nicht zu, indessen machen sich da auch anderweitige Bedenken geltend, auf die ich im III. Theile noch näher eingehen werde.

Um später nicht mit den grossen Zahlen von 18000 mm rechnen zu müssen, will ich noch einen absoluten Nullpunkt für meine Dichtigkeitsfläche, d. h. eine Niveaufläche nahe der Oberfläche, festlegen, auf welche ich die Werthe der Dichtigkeitsfläche anstatt auf die Grenzfläche beziehe. Ich nehme dazu willkürlich diejenige Niveaufläche, welche von der Grenzfläche durch eine Wasserschicht getrennt ist, deren mittlerer Salzgehalt 15 ‰, deren mittlere Temperatur +10° C. ist, und die in einer bestimmten Breite, sagen wir 45° (dann ist $(1-\beta \cos 2\varphi) = 1$), 18 m mächtig ist. Der Druck, den diese Wassersäule auf ihre Unterlage ausübt, ist

$$p = \frac{a S_{\frac{t}{40}} (1+\frac{1}{2} fh) h}{1-\frac{1}{2}\mu p}$$

Dort, wo in der Ostsee eine von der Oberfläche an gerechnete Wassersäule von 18 m denselben Druck p auf die unterliegenden Schichten ausübt, ist ein Nullpunkt der Dichtigkeitsfläche; dort schneidet die Dichtigkeitsfläche die festgelegte Niveaufläche. Berechne ich dann für einen anderen Punkt der Ostsee den Druck, den die Wassersäule der obersten 18 m auf die Unterlage ausübt, so wird im allgemeinen der erhaltene Werth p' nicht gleich p sein; da aber die Oberfläche ebenso wie die Grenzfläche eine Fläche gleichen Druckes sein muss, so muss, wenn p' verschieden von p ist, die Oberfläche eben höher oder niedriger liegen als die 18 m von der Grenzfläche entfernte Niveaufläche, je nachdem p' kleiner oder grösser als p ist, und zwar muss die Dichtigkeitsfläche um so viel verschoben werden, dass die hinzugefügte oder weggenommene Wassersäule den Druck $p-p'$ ausübt.

Es wäre nun p' zu bestimmen. — Man nehme für eine beliebige Station die beobachteten Temperatur- und Salzreihen bis zur Grenzfläche (18 m), suche daraus die Mittelwerthe, wie Seite 12 angegeben, berechne dann $S'_{\frac{t}{40}}$ und μ' und damit ($h = 18$ m)

$$p' = \frac{a S'_{\frac{t}{40}} (1+\frac{1}{2} fh) h (1-\beta \cos 2\varphi)}{1-\frac{1}{2}\mu' p'}$$

Dann ist $p-p' = \Delta p'$

$$\Delta p' = a (1+\tfrac{1}{2} fh) . h \left[\frac{S_{\frac{t}{40}}}{1-\frac{1}{2}\mu p} - \frac{S'_{\frac{t}{40}}}{1-\frac{1}{2}\mu' p'} (1-0.00259 \cos 2\varphi)\right]$$

$S_{\frac{t}{40}}$ und $S'_{\frac{t}{40}}$ unterscheiden sich höchstens um 16 Einheiten der 3. Dezimale, und setzt man $\mu = \mu'$, so ist der grösste mögliche Fehler gleich $\pm 18 . 10^{-7}$, also $dS_{\frac{t}{40}} = \pm 0.016$, $d\mu = \pm 0.0000018$. Für $h = 18$ m ist $p \lesssim 2$ Atm.

$$dp = \frac{a (1+\frac{1}{2} fh) h (1-\beta \cos 2\varphi)}{1-\mu p} dS_{\frac{t}{40}} + \frac{1}{2} \frac{p^2}{1-\mu p} d\mu$$

und, für die obigen Werthe berechnet, ist $dp = \pm (0.0278+0.0000 \ldots)$ Atm., wenn wir hier $p = p'$ setzen; also: $1-\frac{1}{2}\mu p = 1-\frac{1}{2}\mu' p'$ gesetzt, würde im schlimmsten Falle einen Fehler von $\mp \frac{1}{2} (0.000046 . 0.028 + +2 . 0.0000018)$ bewirken, denn

$$d(1-\tfrac{1}{2}\mu p) = -\tfrac{1}{2} (\mu dp + p d\mu) = \pm 0.0000025.$$

Man kann darum ohne Bedenken setzen:

$$\Delta p' = \frac{a (1+\frac{1}{2} fh) h}{1-\mu' p'} (S_{\frac{t}{40}} - S'_{\frac{t}{40}} (1-0.00259 \cos 2\varphi)$$

Dieser Werth Δp soll, wie oben bemerkt wurde, durch eine Verlängerung oder Verkürzung der ursprünglich zu 18 m angenommenen Wassersäule ausgeglichen werden. Ist $\Delta p'$ ($= p-p'$) positiv, so ist der angenommene Normaldruck grösser als p', d. h. die Dichtigkeitsfläche muss an der Stelle höher liegen, als die durch den Nullpunkt der Dichtigkeitsfläche gehende Niveaufläche, und umgekehrt.

Digitized by Google

Die Grösse, um welche man die Dichtigkeitsfläche von der festgelegten Niveaufläche zu verschieben hat, um Δp zu kompensiren, kann man leicht berechnen, wenn man p' nach h differenzirt:

$$\Delta p' = \frac{a S'^{t}_{4^\circ} (1 - 0.00259 \cos 2\varphi)(1 + fh)}{1 - \mu' p'} \Delta h$$

Damit haben wir auch zugleich eine Bedingung erfüllt, die zwar im gegebenen Falle kaum ins Gewicht fällt, jedoch im allgemeinen nicht ausser Acht gelassen werden darf, nämlich, dass die Dichte von Δh als derjenigen gleich angenommen werden muss, welche in der Tiefe (h) der Grenzfläche unter Berücksichtigung des dort herrschenden Druckes zu nehmen ist.

Setzen wir jetzt die beiden für $\Delta p'$ gefundenen Werthe einander gleich, so erhalten wir die Formel:

$$\Delta h = u = \frac{(1 + \frac{1}{2} fh) h}{1 + fh} \left(\frac{S^{t}_{4^\circ}}{S'^{t}_{4^\circ} (1 - 0.00259 \cos 2\varphi)} - 1 \right)$$

Hier ist für Δh der Kürze halber die Bezeichnung u eingeführt. Der Faktor $(1 + \frac{1}{2} fh) : (1 + fh)$ wird für $h = 18$ gleich 0.9999991 ($log = 9.9999996 - 10$). Da u nur auf die 4. Dezimale berechnet werden soll, so kann dieser Faktor gleich 1 gesetzt werden, also

$$u = h \left(\frac{S^{t}_{4^\circ}}{S'^{t}_{4^\circ} (1 - 0.00259 \cos 2\varphi)} - 1 \right)$$

h ist die Tiefe der Grenzfläche. Differenzirt man u nach h, so kann man den eventuellen Einfluss einer fehlerhaften Bestimmung der Grenzfläche mathematisch bestimmen.

$$du = dh \left(\frac{S^{t}_{4^\circ}}{S'^{t}_{4^\circ} (1 - 0.00259 \cos 2\varphi)} - 1 \right)$$

also, wie man sieht, ist der Fehler in u durchaus veränderlich und von einem grösseren konstanten Theile, von dem oben Seite 15 gesprochen wurde, ist scheinbar nichts zu merken; da ist indessen zu bedenken, dass wir diesen konstanten Theil bereits eliminirt haben, indem wir die Niveaufläche, auf die wir die Dichtigkeitsfläche beziehen, um ebensoviel zu hoch oder zu niedrig bestimmt haben, als wir vorher die Grenzfläche zu niedrig oder zu hoch gelegt hatten. Das Glied, welches hier auftritt, ist nur der veränderliche Theil. Derselbe ist Null, wenn die Dichtigkeitsfläche mit der festgelegten Niveaufläche zusammenfällt, d. h. wenn $S^{t}_{4^\circ}$ gleich $S'^{t}_{4^\circ} (1 - \beta \cos 2\varphi)$ ist, und er wächst mit dem Unterschiede der beiden Werthe. Da dieser Unterschied im grossen und ganzen stetig und von Punkt zu Punkt nur unmerklich wächst, so wird auch der Fehler ebenso wachsen. In unserem Falle aber, wo $S'^{t}_{4^\circ}$ alle Werthe von 1.00056 bis 1.02429 durchläuft, können bei einem grösseren Fehler von dh diese Fehler auch wohl merkbar werden. $S'^{t}_{4^\circ}$ kann (abgesehen von den kleinen Aenderungen mit der Breite) von $S^{t}_{4^\circ}$ um ± 0.012 abweichen, d. h. $(S^{t}_{4^\circ} : S'^{t}_{4^\circ}) - 1$ kann selbst ungefähr ± 0.01 werden, und in den extremsten Werthen kann also $du = \pm 0.01\, dh$ werden, ein ganz beträchtlicher Fehler.

Da aber keine Möglichkeit vorhanden ist, die Grenzfläche genauer festzulegen, so muss man sich eben mit den vorhandenen Werthen begnügen. Uebrigens dürfte gerade in der Ostsee die Bedeutung absolut genauer Werthe von geringem Belang sein; denn wenn auch, nach den erhaltenen Resultaten zu urtheilen, der allgemeine Charakter der Dichtigkeitsfläche als ein ziemlich konstanter erscheint, so lassen die Daten der verschiedenen Beobachter doch ohne Zweifel erkennen, dass zwar die relativen Werthe der einzelnen Stationen immer zu einander in ähnlichen Verhältnissen stehen, dass ihre absoluten Werthe jedoch zu den verschiedenen Zeiten verschieden sind. So z. B. zeigen sowohl die Makaroff'schen wie die Ekman'schen Beobachtungen ein starkes Gefälle von Süden nach Norden im grossen Belt, aber die absoluten Werthe sind ganz verschiedene. Die nördlichen Endstationen, deren Werthe wegen der grossen Nähe (kaum 2 Seemeilen) wohl vergleichbar sind, haben nach Makaroff (1886) eine um 54 mm niedrigere Lage als nach Ekman (1877).

Differenzirt man u für einen konstanten Werth von h noch nach $S'^{t}_{4^\circ}$ und φ, so wird

$$du = -h \frac{S^{t}_{4^\circ} [2 . S'^{t}_{4^\circ} . 0.00259 \sin 2\varphi\, d\varphi + (1 - 0.00259 \cos 2\varphi)\, dS'^{t}_{4^\circ}]}{[S'^{t}_{4^\circ} (1 - 0.00259 \cos 2\varphi]^2}$$

Digitized by Google

Für die schon früher verwendeten Werthe ($h = 18$ m) wird dann du im Mittel gleich:

$$du = \pm 0.00164 \text{ m},$$

ein Fehler von fast 2 mm. Also auch hier ist die genaue Bestimmung von $S'^{t}_{4^\circ}$ (früher Seite 11 ff. $S^{t}_{4^\circ}$ genannt) die Hauptsache. Der Fehler von $d\varphi$ ist fast unmerkbar.

$S^{t}_{4^\circ}$, der Normalwerth, wurde zuerst bestimmt nach den auf S. 11 f. gefundenen Formeln. Zunächst $V^{s}_{17.5} : V^{s}_{t} = 1.001012 + 0.000229 = 1.001241$. Die Tafel Seite 12 giebt 1.001252, daraus:

$$S^{t}_{4^\circ} = 0.0007624\,(s+1310)\,\frac{V^{s}_{17.5}}{V^{s}_{t}} = 1.011412 \qquad (log\ 0.004928)$$

Zur Kontrolle kann der Werth 1.011429 dienen, der, nachdem $S^{17.5}_{17.5}$ (nach der Karsten'schen Formel) berechnet war, mit Hülfe einer vom Admiral Makaroff in dem erwähnten Buche „Le Vitiaz etc.“, Band I, Seite 123—128, gegebenen Korrektionstafel gefunden wurde. Die Tafel, welche bei der Berechnung von $S'^{t}_{4^\circ}$ angewendet wurde, giebt für die Argumente $S^{17.5}_{17.5}$ und t die zu $S^{17.5}_{17.5}$ zuzufügende Korrektion, um $S^{t}_{4^\circ}$ zu erhalten.

Im folgenden gebe ich eine Tabelle der berechneten Stationen. In der ersten Kolumne ist der Beobachter und die Station gegeben, und zwar unter folgenden Abkürzungen (die Nummern beziehen sich mit Ausnahme der Krümmel'schen Stationen auf die oben angeführten Quellenwerke):

P_{10} die schwedische (Pettersson'sche) Station No. 10.

E_{10} » » (Ekman'sche) » No. 10.

M_{240} » Makaroff'sche Station No. 240.

$D_{X,3}$ eine dänische Station, und zwar aus einem beliebigen Jahre, jedoch aus den Monaten Mai oder August. Die römische Zahl bedeutet die Sektion, die arabische die Station derselben oder das Beobachtungsjahr. Maassgebend für die Aufnahme einer Station war nur die geographische Lage, um möglichst die anderen zu ergänzen.

K sind die Stationen von Prof. Krümmel.

C_I und S_{III} in der Nähe von Skagen sind aus dem G. Ekman und O. Pettersson'schen Werke (No. 2 des Material-Verz.) entnommen.

In der 2., 3. und 4. Kolumne sind Breite, Länge und Tiefe der Station angegeben, in der 5. Kolumne der Werth $S'^{t}_{4^\circ}$ und in der letzten das Resultat u in Millimetern, und zwar bedeutet kein Vorzeichen oder +, dass die Dichtigkeitsfläche höher liegt, das Vorzeichen — aber, dass sie niedriger liegt als eine Niveaufläche, die von der die Grenzfläche bildenden Niveaufläche durch eine homogene Wasserschicht von 10° C. Temperatur und 15 ‰ Salzgehalt getrennt ist, deren Mächtigkeit in 45° Breite 18 m beträgt.

Als Rechenschema habe ich das folgende benutzt:

Stat.	s_m	$log\, s_m$	$S^{17.5}_{17.5}$	t_m	Korr.	$S'^{t}_{4^\circ}$	Breite	$log\, sec\, 2\varphi$	$log(1-\beta cos 2\varphi)$	$log\, S'^{t}_{4^\circ}$	$log\left[S'^{t}_{4^\circ}(1-\beta cos 2\varphi)\right]$	$log(18+u)$	u
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

Zuerst habe ich den mittleren Salzgehalt und die mittlere Temperatur für die einzelnen Stationen bis zur Grenzfläche in der auf Seite 12 angegebenen Weise berechnet und nebst der Breite in die Rubriken 2, 5 und 8 eingetragen. In den schwedischen Angaben habe ich meist nur die Angabe „Salt p. mille“ berücksichtigt und die Chlorbestimmung nur in einem Falle, wo die Angabe „Salt p. liter“ mit der ersteren „Salt p. mille“ nicht zu stimmen schien, umgerechnet.

Bei Makaroff sind die Werthe $S'^{t}_{4^\circ}$ direkt gegeben, und ich habe das Mittel daraus auf ähnliche Weise wie s_m bezüglich t_m bestimmt.

In Kolumne 2 wurde der $log\, s_m$ eingetragen, dazu der *colog* 1310 addirt und der Numerus aufgeschlagen. Dieser zu 1 addirt gab $S^{17.5}_{17.5}$ nach der Formel von Prof. Karsten: $\left(S^{17.5}_{17.5}-1\right)1310 = s$. Mit $S^{17.5}_{17.5}$ und t_m

Digitized by Google

wurde aus den Makaroff'schen Tabellen die Korrektion entnommen und so $S'\frac{t}{4^\circ}$ (in Kolumne 7) gefunden. Der Logarithmus dieses Werthes wurde in 11 eingetragen.

$log(1-\beta\, cos\, 2\varphi)$ wurde gefunden, indem zuerst $log\, sec\, 2\varphi$ in Kolumne 9 eingetragen wurde. Dazu $colog\, \beta$ addirt gab mir ohne weiteres das Argument um aus einer Additionstafel ($cos\, 2\varphi$ ist stets negativ) den $log(1-\beta\, cos\, 2\varphi)$ zu entnehmen und in 10 einzutragen. Kolumne 10 und 11 addirt gaben 12, und diese, vom konstanten Werth $log\, S\frac{t}{4^\circ}$ subtrahirt, den $log\,(u+h)$. Von dessen Numerus 18 subtrahirt, erhält man u, wie ich es im folgenden für ca. 180 Stationen der ganzen Ostsee und ihrer Anhängsel mit Einschluss des östlichen Theiles des Skagerrak berechnet habe.

Station	Breite N.	Lg. O. v. Gr.	Tiefe m	$S'\frac{t}{4^\circ}$	u mm	Bemerkungen
P_3	65° 27.9	22° 16′	21	1.001994	139.0	Die Stationen 3—25 sind vielleicht etwas zu gross erhalten. Siehe darüber S. 24 f. Auch sind gerade hier die Temperaturen je nach dem Thermometer (siehe Anm. S. 12) sehr verschieden.
4	27.9	22 28	30	1574	146.0	
5	22.9	22 43	60	1600	145.8	
6	25.5	22 59	85	1663	144.4	
7	27.7	23 12	92	1704	143.7	
8	31.3	23 31	35	1439	148.5	
9	21.3	23 39	57	1884	140.4	
10	11.5	23 47	22	1942	139.9	
11	65 1.6	23 54	24	2536	129.5	
12	64 52.2	24 2	31	2558	129.1	
13	42.6	24 9	29	2319	133.4	
14	46.9	23 36	90	2622	128.0	
15	51.0	23 2	75	2597	128.4	
16	55.1	22 27	85	2592	128.4	
17	64 58.8	22 0	40	2210	135.4	
18	65 1.4	21 37	45	2283	133.7	
19	64 26.8	21 39	21	2779	125.9	
23	10.0	22 53	36	2729	126.8	
24	7.0	23 6	40	2639	124.2	
25	64 3.2	23 15	36	2521	131.0	
26	63 43.5	20 37	9	3104	120.5	Ergänzt, siehe Bem. bei E_{55} auf Seite 21.
27	37.2	20 35	27	3459	114.1	
28	33.8	20 44	20	2968	123.3	
29	30.7	20 54	25	3636	111.2	
30	27.8	21 1	20	3708	110.2	
32	63 4.6	20 38	57	4079	103.5	
33	6.5	20 12	90	3845	108.0	
34	7.8	19 51	95	3591	112.5	
35	9.2	19 28	185	3748	109.7	
37	62 57.5	18 46	150	3526	114.1	
40	62 40.1	18 10	90	3341	117.4	
52	61 33.1	17 31	58	4025	107.2	
53	32.7	18 8	60	3907	109.2	
54	32.0	18 46	50	4048	106.8	
55	31.1	19 22	80	4204	104.0	
56	30.6	20 0	117	4207	104.0	
58	61 29.0	21 16	22	4090	106.0	
59	60 53.8	20 49	50	4232	103.3	
60	50.9	20 14	65	4183	105.2	
67	6.8	18 53	45	3990	109.5	
68	7.4	19 1	133	4203	105.6	
69	7.8	19 9	170	4430	101.5	
70	8.3	19 18	250	4242	104.9	
71	60 8.8	19 24	66	4175	106.1	
72	59 41.0	18 59	36	3694	115.7	

Digitized by Google

Station	Breite N.	Lg. O. v. Gr.	Tiefe m	$S'_{4^\circ}^{t}$	u mm	Bemerkungen
P_{73}	59° 43.8	19° 10′	36	1.003797	113.8	
74	46.9	19 26	59	3982	110.1	
75	44.4	19 46	82	4120	108.0	
76	42.0	20 27	44	4320	104.4	
77	39.9	21 3	60	4471	101.7	
78	38.2	21 38	64	4552	100.2	
P_{79}	59 37.5	22 10	50	4754	96.5	
M_1	60 5.0	28 50	37	056	171.5	
247	60 8.0	28 11	46	266	133.5	
248	59 58.0	27 0	71	235	139.5	
249	46.0	25 20	91	296	128.9	
M_{250}	38.0	24 44	86	421	106.4	
P_{80}	40.6	23 3	48	4457	101.9	
81	29.2	23 11	90	4659	98.2	
P_{82}	19.0	23 17	93	4546	100.6	
M_4	19.0	22 29	91	388	112.7	
M_{244}	11.0	22 7	97	492	94.4	
P_{83}	14.9	22 56	35	4573	100.7	
84	59 10.2	22 30	86	4694	98.4	
85	58 57.0	21 53	55	4699	98.9	
94	41.5	18 25	386	4498	102.4	
95	38.4	19 1	142	4541	102.1	
96	35.5	19 37	90	4808	97.2	
97	32.4	20 13	88	4783	97.7	
98	29.5	20 50	87	4595	101.1	
99	26.8	21 26	78	4499	102.8	
100	58 4.9	21 29	40	4245	107.8	
101	57 52.5	21 31	45	4956	95.4	Die Tiefe soll wohl 55 heissen; Druckfehler [in den Beobachtungen?
102	39.1	21 33	25	4591	102.0	
103	40.4	21 3	30	4758	99.0	
104	41.8	20 38	115	4518	103.2	
105	42.9	20 13	120	4630	101.3	
106	44.3	19 46	100	4771	98.8	
107	45.5	19 21	55	4748	99.1	
108	57.5	18 57	90	4369	106.0	Abnorme Temperatur.
109	57 59.6	18 27	73	4886	96.2	
110	58 2.1	17 57	175	4649	100.5	
P_{111}	58 4.5	17 30	87	4573	103.8	Zwischen P_{111} und E_{81} sind später 9 Stationen nachgetragen worden, d. i. E_{81a} und $E_{90/3}$, s. am Schluss der Tabelle.
E_{81}	55 44.9	20 54	32	4378	109.2	
80	35.1	20 14	70	4789	101.8	
E_{79}	55 22.2	19 28	95	4814	101.7	
K_1	54 36.0	19 4	105	4666	105.6	
E_{78}	55 12.9	18 56	82	5043	97.6	
77	2.6	18 20	65	4764	103.1	
76	10.4	18 2	59	4712	104.0	
75	22.0	17 40	75	4892	103.8	
74	35.0	17 15	ca. 20	4835	100.9	
73	47.9	16 51	40	5096	96.2	
72	55 57.6	16 34	57	5390	90.5	
71	56 8.5	16 13	35	5570	87.3	
70	56 1.4	15 52	18	5805	82.6	
69	55 54.4	16 4	47	5696	85.0	
68	55 39.0	16 3	75	4995	98.0	
63	54 18.0	15 35	18	4634	106.7	
62	29.2	15 24	46	4825	102.7	

Digitized by Google

Station	Breite N.	Lg. O. v. Gr.	Tiefe m	$S''\frac{t}{4^\circ}$	u mm	Bemerkungen
E_{61}	54° 40.6	15° 17′	ca. 63	1.004998	99.6	
60	54 55.5	15 8	56	5090	97.5	
E_{59}	55 11.0	15 13	64	4988	99.0	
M_{241}	25.0	14 45	73	575	84.5	
E_{58}	20.2	14 44	49	5060	97.1	
57	22.6	14 32	59	5088	96.8	
E_{56}	24.8	14 20	33	5746	85.0	
M_6	11.0	14 21	46	447	107.9	
M_{240}	13.0	13 48	44	576	84.7	
E_{54}	16.4	13 20	31	5396	91.2	
53	8.6	13 24	ca. 42	5114	96.8	
52	55 0.7	13 24	45	5241	94.4	
51	54 52.5	13 25	45	5132	96.9	
50	44.7	13 26	36	5260	94.5	
49	38.3	13 1	15	6175	78.5	Ergänzt, s. Bemerkung bei E_{55}.
48	43.3	12 53	21	5348	92.9	
47	48.0	12 46	20	5671	87.2	
E_{46}	54 52.8	12 39	18	5244	94.8	
D_{X2}	55 10	12 42	32	5367	92.2	
M_{239}	ca. 55 25	ca. 12 45	11	700	62.2	Diese vier Stationen sind (wegen der geringen Tiefe) nach unten in Salzgehalt und Temperatur nach Maassgabe benachbarter Stationen ergänzt.
E_{55}	55 27.6	12 43	ca. 10	5294	+ 90.9	
M_{237}	55 49.0	12 41	ca. 15	1668	− 00.5	
D_{X3}	54 35.0	12 21	ca. 13	08273	+ 40.0	
E_{45}	30.8	12 17	18	11432	− 16.0	
44	26.1	11 51	23	06818	+ 66.9	
E_{43}	35.5	11 20	20	07953	+ 46.0	
K_5	36.0	11 15.1	31	12103	− 28.0	
2	31.4	10 2	27	13671	− 55.0	27./VII 93.
3	53.7	9 47	ca. 24	16281	−102.0	14./IX 93 stürmischer NW-Wind.
K_4	55.0	10 6	ca. 35	18482	−141.0	15./IX 93 stürmischer NW-Wind.
E_{42}	49.6	10 50	42	11848	− 23.3	
M_9	54 52.0	10 51	25	1135	− 14.4	
E_{41}	55 17.4	11 2	23	12802	− 41.0	
M_{10}	42.0	10 50	ca. 20	1898	−150.3	
E_{40}	43.4	10 50	22	15868	− 95.7	
$D_{V(1898)}$	55 56.0	11 0	50	17212	−120.0	
E_{39}	56 6.7	11 9	40	19240	−155.7	
38	9.8	11 0	24	20045	−169.4	
E_{37}	13.0	10 51	18	19696	−163.7	
$D_{IV(1897)}$	39.9	12 12	45	13034	− 47.0	Mai 1897.
E_{36}	28.6	11 1	17	18338	−140.3	
35	32.3	11 13	16	15707	− 94.0	Ergänzt, s. Bemerkung bei E_{55}.
34	37.1	11 26	15	16698	−111.5	
33	44.8	11 55	44	16487	−107.8	
32	49.8	12 8	45	15984	− 99.4	
E_{31}	56 52.2	12 14	25	13240	− 50.9	
$D_{III(1898)}$	57 8.8	11 27	80	17273	−122.0	Mai 1898. Temperatur sehr niedrig.
E_{28}	19.9	11 48	44	21109	−190.0	
26	24.2	11 19	41	22168	−209.0	Ergänzt, s. Bem. E_{55}. Oberste Schicht salzreicher als die darunterl., viell. Auftrieb?
24	25.4	10 50	30	23653	−235.0	
22	35.9	11 39	33	19794	−168.0	
20	44.3	10 58	40	23549	−234.0	
E_{19}	47.3	10 42	ca. 50	22974	−224.0	
C_1	57.5	10 15	?	22249	−212.0	
E_3	53.8	10 55	115	22575	−217.0	

Digitized by Google

Station	Breite N.	Lg. O. v. Gr.	Tiefe m	$S'^{t}_{4^\circ}$	u mm	Bemerkungen
E_4	57° 57.4	10° 53′	155	1.023520	−233.0	
S_{III}	58 11.0	10 31	?	24292	−247.0	
E_{18}	14.0	9 19	430	22801	−221.0	
17	22.6	8 53	135	20994	−190.0	
11	20.4	11 8	ca. 36	22083	−209.0	Bei stark südl. Oberflächenstrom genommen.
12	27.2	10 41	175	21838	−205.0	
13	34.2	10 11	440	21996	−208.0	
14	42.2	9 37	295	21374	−196.0	
8	54.2	10 35	165	21969	−207.0	
10	58.8	10 7	120	20829	−187.0	
E_6	58 56.0	11 1	ca. 30	17712	−133.0	

Nachtrag.

E_{93}	56° 53.1	19° 19′	ca. 170	1.005002	96.2	
92	51.5	18 42	49	5005	96.2	
91	56 54.2	17 59	56	5065	95.1	
90	57 6.3	17 37	ca. 108	4599	103.1	
96	56 4.1	17 17	35	4964	97.6	
85	2.2	17 52	ca. 59	4849	99.8	Die Tiefenbestimmungen sind wegen hohen Seeganges ungenau.
84	56 0.3	18 25	ca. 100	4818	100.4	
83	55 58.5	19 1	ca. 120	4627	104.2	
E_{92}	55 51.0	19 52	67	5129	95.2	

Die gefundenen u Werthe habe ich dann ohne jeden Versuch der Ausgleichung in die Karte eingetragen und für den bottnischen und finnischen Meerbusen und die eigentliche Ostsee die Linien gleicher Niveauhöhe von 5 zu 5 mm (bezüglich 10 zu 10 mm) aus freier Hand entworfen. In der Beltsee habe ich nur einige solche Linien gezeichnet, und zwar, wo es anging, von 50 zu 50 mm. Nicht eingetragen ist die Station 55 (Ekman) im Sund, da der Werth, wenigstens nach der von mir angenommenen Ergänzung, unbrauchbar ist, und ich eine zweite empirische Ergänzung lieber nicht machen wollte.*) Ebenso habe ich die Station M_6 weggelassen, und ich glaube mich dazu umsomehr berechtigt, als Makaroff in der Anmerkung selbst einen leisen Zweifel an der Richtigkeit dieser Beobachtung äussert, allerdings nur für die Grundschicht, die ihm im Vergleich zu den anderen Schichten spezifisch sehr schwer vorkommt. Vom Standpunkte der Dichtigkeitsfläche betrachtet sind die oberen Schichten spezifisch zu leicht.

Alle anderen Werthe sind in die Karte eingetragen.

*) Die Ergänzungen sind nach dem Muster von Prof. Mohn vorgenommen worden, doch könnte man bei den rasch wechselnden Verhältnissen in diesen Gewässern im Zweifel sein, ob sie berechtigt sind. Prof. Mohn hat sie bis in das Skagerrak und Kattegat durchgeführt.

Digitized by Google

III. Theil.

Ergebnisse.

Es soll zunächst die Dichtigkeitsfläche der Ostsee im Einzelnen kritisch untersucht und dann ein Ueberblick über die daraus resultirenden Strömungen gegeben werden.

Wenn man die gegebene Karte betrachtet, so kann man nicht leugnen, dass manches für die Wahrscheinlichkeit spricht, dass diese Dichtigkeitsfläche mehr als ein momentanes Gebilde sei, und dass sie, wenigstens in ihren Grundzügen, nicht nur für den Sommer 1877 Geltung besitzt. Schwierigkeiten bereitet jedoch in dieser Hinsicht ein Umstand, der auch die Konstruktion der Niveaulinien auf der Karte unvollständig bleiben liess, nämlich die auffällige Unregelmässigkeit der Niveauzahlen an dem Uebergange aus der eigentlichen Ostsee in die Beltsee, was bereits Anlass zu den auf Seite 16 ausgesprochenen Bedenken gegeben hat. Die Dichtigkeitsfläche erscheint an dieser Stelle, die merkwürdig genau mit der Tiefengrenze von 40 m zusammenfällt, nicht nur sehr komplizirt, sondern in ihrem zahlenmässigen Ausdruck fast widersinnig; denn mitten in dem stetigen Absteigen, welches auf beiden Seiten der 40 m-Linie herrscht, folgt hier ein merkbares Ansteigen der Oberfläche, um gleich darauf wieder in das Gegentheil überzugehen.

Ich habe nun versucht eine Erklärung dafür zu finden und ging von dem merkwürdigen Zusammenfall dieser Zone der Unregelmässigkeit mit der schnellen Tiefenabnahme auf der Linie von Rügen nach dem Sund aus. Sieht man daraufhin die Ekman'schen Profile noch einmal aufmerksam an, so hat es den Anschein, als ob die Grenzfläche durchaus nicht so regelmässig verlaufen kann, wie es von Prof. Mohn und auch in dieser Abhandlung angenommen wurde. Im Gegentheil, es scheint (und die Theorie der Grenzfläche bestätigt dies), dass in gewissem Grade die Grenzfläche von der Tiefe abhängig ist; ferner, dass in genügend tiefem Wasser die Lage derselben ziemlich konstant ist, dagegen, wenn die Grundfläche der Grenzfläche sich nähert und eine gewisse Entfernung von ihr erreicht hat, die Grenzfläche anfängt, sich, wenn auch in geringerem Maasse, dieser Erhebung anzuschliessen. Ich sagte, es folgt dies auch aus der Theorie der Grenzfläche. Die Grenzfläche des Nordmeeres soll in 300 Faden liegen, diejenige der Ostsee in 18 m. Im Skagerrak treffen sich beide; wie soll sich da der Uebergang vollziehen? Man erinnere sich nun an den ersten Theil dieser Arbeit und an Fig. 2 (Seite 3). Würde sich an irgend einer Stelle eine Bank bis an oder über die Grenzfläche erheben, so würde, wie im Anfangsstadium des Seite 2 u. ff. besprochenen Stromkreislaufes, der Oberflächenstrom trotz der Bank nach der Mitte zu laufen; der Unterstrom würde, wenn er die Bank erreicht, sich genau so verhalten, wie wenn er die Küste erreicht hätte und seine aufsteigende Bewegung beginnen, ohne jedoch ganz die Tendenz des Abfliessens nach aussen (wobei auch die Erdrotation eine Rolle spielt) aufzugeben, und wenn er die Bankhöhe erreicht hat, so wird er, wenn irgend möglich, die Bewegung nach der Küste wieder aufnehmen, und diese Möglichkeit wird ihm durch eine Verschiebung der Grenzfläche verschafft; denn einmal ist in dem Verhältniss $\frac{V}{v}$ (s. S. 4, wo V und v die Geschwindigkeiten des Ober- bezügl. Unterstromes sind), welches nach Mohn die Lage der Grenzfläche bedingt, das v ein anderes geworden. Infolge des langsameren Nachfliessens des Unterstromes wird aber auch der Oberstrom langsamer fliessen müssen und infolgedessen auch V sich ändern. Der neue Quotient $\frac{V}{v}$ wird die Grenzfläche so lange verschieben, bis auch über der Bank Ab- und Zufluss sich genau geregelt haben. In der Natur giebt es viele Beispiele für dieses geringere Abfliessen des Oberflächenstromes über eine Bank, so z. B. theilt sich der Golfstrom vor den Bänken zwischen Island und England, und nur ein Theil geht darüber hinweg. Diese Aenderung der Grenzfläche lässt sich auch im gegebenen Falle an den Ekman'schen Profilen der Tafel I nachweisen, d. h. vorausgesetzt, dass die Grenzfläche in der sogenannten Sprungschicht liegt, denn bei abnehmender Wassertiefe macht sich sowohl in Temperatur wie in Salzgehalt ein Aufsteigen der Sprungschicht bemerkbar. Im allgemeinen ist es natürlich in der eigentlichen Ostsee die Temperatur, die als Kriterium dienen muss. Die Profile der Ekman'schen Sektionen 35, 17 und der Einzelstation E_{59} lassen deutlich die Grenzschicht in 20 m Tiefe erkennen, obwohl sie stellenweise durch lokale Einflüsse verschoben ist (wie oben schon erwähnt wurde). Die Sektion 39 im bottnischen Meerbusen dagegen zeigt eine höhere Lage der Sprungschicht, da die anliegenden Gewässer ziemlich flach sind. In der Beltsee lässt sich der Wechsel auch im Salzgehalt nachweisen. Ein sehr charakteristisches Beispiel geben die Sektionen 9 und 10. In

Digitized by Google

Station 40 (ca. 20 m Tiefe) liegt die Grenzschicht sowohl in Temperatur wie in Salzgehalt deutlich in ca. 12.5 m, in Station 42 (42 m) wieder mit Temperatur und Salzgehalt in ca. 15 m. In Station 43 (20 m) wird der Unterstrom und damit die Grenzschicht in ihrer absteigenden Bahn gehemmt. Die Grenzfläche ist undeutlich nahe am Grund, denn der Salzgehalt von 16.86 ‰ deutet schon auf Einwirkungen des Unterstromes. Wahrscheinlich drängt sich der Unterstrom in die benachbarte tiefe Rinne. In Station 44 (23 m) macht sich ein Aufsteigen bemerkbar; die Sprungschicht in Temperatur liegt zwischen 15 und 17.5, in Salzgehalt zwischen 17.5 und 20 m. In Station 45 (18 m) ist sie in Temperatur und Salzgehalt in der Gegend von 15 bezw. 10 m zu finden.

Zum Vergleich folgen hier die betr. Daten aus den schwedischen Beobachtungen.

Station	40		42		43		44		45	
Tiefe	s ‰	t° C.	s ‰	t° C.	s ‰	t° C.	s ‰	t° C.	s ‰	t° C.
5 m	16.74	16.9	12.15	16.9	10.69	17.6	8.80	16.5	8.64	15.0
10 »	19.35	15.4	13.84	17.3	11.32	17.2	9.56	16.2	16.98	15.3
12.5 »	23.77	12.8	—	—	—	—	—	—	—	—
15 »	30.22	9.2	22.19	11.4	12.97	15.7	10.35	15.5	—	11.2
17.5 »	—	—	—	—	—	—	13.66	8.6		
									20.35	8.6 (in 18 m Tiefe)
20 »	31.80	8.1	28.64	9.1	16.86	12.4	20.85	7.1	—	—
etc.										

Die Profile, wie sie Pettersson giebt, und welche auf Tafel I reproduzirt sind, lassen alles das deutlich erkennen, auch selbst das Unbestimmte in der Grenzfläche der Station 43. Die für die Beltsee mit einer Grenzfläche von 18 m berechneten Werthe für u sind also nicht ganz richtig, sie sind alle mehr oder weniger zu gross und lassen sich nicht gut mit den anderen vergleichen; aber die Fehler sind im Verhältniss zu dem grossen Gefälle so klein, dass sie wenigstens das Gesamtbild nicht beeinträchtigen. Ich habe aber in Rücksicht darauf nur die wenigen Hauptlinien gezogen. Die Resultate, die gerade hier den verschiedensten Quellen und Zeiten entstammen, weisen eine sehr gute Uebereinstimmung auf. Die schwedischen Werthe sowohl wie die dänischen und die von Krümmel und Makaroff, sie alle zeigen auch selbst da, wo die verschiedenen Systeme nicht absolut übereinstimmen, ein Ansteigen der Dichtigkeitsfläche von West nach Ost, wobei die tiefste Depression der Dichtigkeitsfläche sich augenscheinlich an der dänischen und deutschen Ostküste der jütischen Halbinsel hinzieht, obwohl die Werthe ganz nahe der Küste wieder ein schwaches Ansteigen zeigen, z. B. K_3 und K_4, ferner E_{37} und E_{38}, sowie E_{19} und E_{20} etc.

Auf der Karte ist in der Nähe von Skagen, im Skagerrak nach Norden gehend, und später in der Nähe der norwegischen Küste nach Westen umbiegend, eine strich-punktirte Linie gezeichnet. Diese Linie stellt die von Mohn als +0.60 m gegebene Niveaulinie dar. Vergleicht man damit die von uns gefundene [—200 mm] Linie (gestrichelt), so wird man (abgesehen von der ins Kattegat reichenden Zunge, die Mohn infolge mangelnder Beobachtungen seinerzeit nicht erkennen konnte) sofort eine angenäherte Uebereinstimmung finden. Sogar die Station 19 stimmt dann mit dem von Mohn für Skagen gegebenen Werth ziemlich überein (d. h. in Bezug auf diese Linie). Mohn findet für Skagen +0.57 m (Differenz —0.03 m), hier ist Station 19 = —0.224 m (Differenz —0.024).

Ich habe dann andeutungsweise die Niveaulinien —230, —150, —100 und die stärker gestrichelte Nullinie gezeichnet. Die Werthe, z. B. Station 45, 49, K_2, K_3; K_4 etc., erscheinen einzeln, im Vergleich mit anderen nahegelegenen Punkten betrachtet, fast absurd, indessen im System der gegebenen Zeichnung lässt sich ihnen eine gewisse Wahrscheinlichkeit nicht absprechen. Auch die Zahlen für den grossen Belt und den Sund lassen trotz der Abweichungen, die die einzelnen Werthsysteme zeigen, keinen Zweifel an dem starken Niveaugefälle zwischen der eigentlichen Ostsee und dem Kattegat. Man vergleiche E_{42}, E_{41} und E_{40}, oder M_9 und M_{10} im grossen Belt, oder im Sund die dänischen Beobachtungen, oder M_{237} und M_{239}. Im Kattegat und Skagerrak geht es ebenso. Nur ist im Kattegat eine Station, die infolge ihres ungewöhnlich

Digitized by Google

geringen Salzgehaltes sich nicht in die übrigen (ca. 50) Stationen einfügen will. Es ist Station E_{35}. Sie ist allerdings ergänzt, aber die benachbarten Stationen sind es auch und stimmen recht gut. Einen stichhaltigen Grund für die Erscheinung könnte ich nicht angeben.

Für die Lage der tiefsten Depression in der Beltsee, namentlich für die Annäherung dieser tiefen Rinne an die dänische und deutsche Küste, ist wohl der Einfluss der Erdrotation auf die Strombewegungen zur Erklärung heranzuziehen. Die aus der Nordsee hereindringenden salzigen Gewässer werden durch die Erdrotation nach rechts abgelenkt, d. h. nach der jütischen Halbinsel, während an der schwedischen Küste das weniger salzhaltige und im Sommer warme, ausfliessende Ostseewasser, ebenfalls rechts gedrängt, die Niveauerhöhung hervorbringt. Dazu kommt noch der viel grössere Reichthum an frischem Wasser, den die schwedischen Flüsse spenden, gegenüber der flussarmen Ostküste Jütlands.

Man hat also hier die seltsame Erscheinung, dass zwei Ströme von ganz verschiedenem Salzgehalt nebeneinander, aber in entgegengesetzter Richtung laufen, und dass jeder an seiner rechten Seite den grösseren Antheil an der Gesamttiefe in Anspruch nimmt, obwohl überall an der Oberfläche das salzärmere, in der Tiefe das salzreichere Wasser allein herrscht. Das Ekman'sche Profil 6 giebt ein deutliches Bild dieses Zustandes. Daher erklärt sich auch das kräftige Vordringen der tiefen Niveaurinne mit salzreicherem Wasser weiterhin an der holsteinischen und mecklenburgischen Küste. Der salzige Strom hat dort durchweg an der rechten Seite seiner Bahn die grösste Kraft, wie man schon länger aus den Untersuchungen der Kieler Ministerialkommission weiss.

Im bottnischen Meerbusen scheinen die Dinge ähnlich zu liegen, wenigstens nach Ekman's Profil 39 zu urtheilen, welches die Sprungschicht deutlich in ungefähr 10 m Tiefe zeigt, ebenso einige der anderen von Pettersson aus dem bottnischen Meerbusen gegebenen Profile. Dort scheint indessen noch ein anderer Grund maassgebend zu sein für die namentlich im Norden stark hervortretenden Unregelmässigkeiten im Verlauf der Niveaulinien: nämlich Auftriebserscheinungen. So ist z. B. in Station P_{12} der Salzgehalt an der Oberfläche 3.23 ‰ und in 2.5 m Tiefe nur 3.036 ‰. Indessen eine Station kann nicht maassgebend sein, und besonders, da auch an Stationen anderer Gebiete ähnliche Erscheinungen zu beobachten waren. Ueberhaupt lässt sich bei dem vorhandenen, spärlichen Material nichts Genaues über eine so komplizirte Materie, wie die Dichtigkeitsfläche dort ohne Zweifel ist, sagen.

Sehr charakteristisch und jedenfalls das zuverlässigste Ergebniss der vorliegenden Arbeit sind die Niveaulinien des übrigen Theiles der Ostsee, und es ist sehr bedauerlich, dass die an und für sich charakteristischen Ergebnisse der Beltsee nicht angeschlossen werden konnten.

Zunächst fällt besonders im finnischen Meerbusen und in der eigentlichen Ostsee das Rechtsdrängen der sonst mehr in der Mitte unserer Dichtigkeitsfläche liegenden tiefen Mulde in die Augen. Trotz der wenigen, aber ganz zufällig für diesen Fall sehr glücklich gewählten Beobachtungsstationen Makaroff's im finnischen Golf, lässt sich dies ganz deutlich erkennen. So hat z. B. M_{247}, obwohl weiter nach Osten gelegen, eine niedrigere Niveaulinie als die südwestlich davon gelegene Station M_{249}. Die relativen Lagen von M_{248}, M_{249}, M_{250} und ihre bezüglichen Niveauhöhen 139, 129, 106 wären kaum in ein einfacheres System zu bringen als das bezeichnete. Die tiefste Niveaulinie geht dann westlich von Gotland, sich immer mehr und mehr nach rechts (westlich) drängend, hart an die Südspitze von Öland heran, um dann in der Makaroff'schen Station 240 und bei Udängen-Feuer, dicht unter der schwedischen Küste (Station E_{70}), mit +84 bezüglich +83 mm Niveauhöhe ihr vorläufiges Minimum zu erreichen.

Ein anderer, hervortretender Zug ist das geringe Gefälle an den Punkten, wo mehrere zufliessende Strömungen bestrebt sind, die Niveauunterschiede auszugleichen, wie es am besten in der Gegend zwischen Gotland und dem finnischen Golf hervortritt, wo drei, man kann sagen vier Strömungen von weniger salzigem Wasser sich treffen. Erstens der Strom von Norden, der zwischen Åland und der schwedischen Küste hindurchkommt; zweitens der Strom aus dem finnischen Meerbusen, und drittens und viertens die beiden Strömungen aus dem Meerbusen von Riga, die sich deutlich an den zungenförmigen Ausbuchtungen der Niveaulinien erkennen lassen, wie sie die Stationen M_4 und P_{93} für den einen Ausfluss zwischen Dagö und Worms und die Stationen P_{98}, P_{99} und P_{100} für den Ausfluss zwischen Ösel und Dagö andeuten. Man könnte vielleicht fünftens noch die vorgeschobene Zunge erwähnen, welche durch die Gewässer des Stockholmer Fjordes hervorgebracht wird. Bei dem südlich gelegenen dritten Eingang des Meerbusens von Riga deuten die eingeschobenen Zungen auf das Einlaufen des an seiner rechten Seite sich haltenden, salzigen, schwereren Wassers.

Digitized by Google

Bei der Vereinigung der Weichselgewässer mit denen der Ostsee ist sowohl diese Rechtsdrehung der Rinne als das geringe Gefälle deutlich sichtbar. Die Wirkungen der Weichselgewässer, zu denen sich die Gewässer aus dem Kurischen Haff gesellen, sind vielleicht die Ursache der grossen Zunge der +100 mm-Linie, welche sich bis dicht an die Ostküste von Gotland drängt; und in der Zunge über E_{33} und E_{34} hätte man die Wirkungen der zuerst nach rechts an der Küste entlang gelaufenen Odergewässer und der pommerschen Flüsse zu suchen. In den Stationen E_{32} und E_{78} käme dann wieder die schwerere Unterströmung zum Vorschein, die unter den allmählich sich westlich wendenden Odergewässern sich wieder hervordrängt, um gleich darauf von den Weichselgewässern überfluthet zu werden. Die Krümmel'sche Beobachtung K_1 schliesst sich merkwürdig gut und ergänzend an E_{82} und E_{78} an.

Zwei Stationen sind es, die sich dem Rahmen der Zeichnung nicht ohne weiteres einfügen lassen. Die Station P_{108} unweit der Nordspitze Gotlands und P_{52} an der schwedischen Küste. Bei Station 108 ist es eine verhältnissmässig hohe Temperatur und ein verhältnissmässig niedriger und sehr unregelmässiger Salzgehalt, der die ungewöhnliche Höhe hervorbringt. Da die Station so nahe der Küste liegt, so liesse sich vielleicht ein Einfluss von Land her nachweisen. Leider steht mir eine genauere Karte von Gotland nicht zur Verfügung, um dies aufklären zu können. Auf einer mir von der Kaiserl. Werft durch Herrn Korv.-Kapt. Ferber freundlichst zur Verfügung gestellten schwedischen Seekarte (die Insel Gotland) ist fast genau südlich von der Station die Mündung eines sehr ausgedehnten Sumpfes (träsk) angegeben. Vielleicht liegt in den sommerlich erwärmten Abflussgewässern dieses Sumpfes der Grund der Niveauerhöhung. — Die Abweichung der Station 52 ist schwerer erklärlich, doch so gering, dass man wohl einen Beobachtungsfehler annehmen kann. — Eine scheinbare Ausnahme, die sehr bemerkenswerth ist, soll noch erwähnt werden. In der Bottensee, d. h. zwischen Åland und den Quarken, scheint es, als ob die Rinne sich nicht an die rechte Seite, die schwedische Küste dränge, sondern im Gegentheil der finnischen Küste näher liege. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass dies in der That der Fall ist, und ein Blick auf eine physikalische Karte der anliegenden Küstenstriche würde die Sache auch erklärlich machen. Die Zuflüsse nämlich, welche die Ostsee von der finnischen Seenplatte erhält, sind ganz verschwindend im Gegensatz zu denen von der schwedischen Seite; und diese vielen, wasserreichen und schnellfliessenden schwedischen Flüsse bewirken durch ihre Aussüssung der Küstengewässer ein Abdrängen der Rinne von der schwedischen Seite. Das geringe Gefälle giebt Zeugniss von einer durch Aussüssung weithin nach Osten sich erstreckenden Niveauerhebung. — Die Station P_{28} erscheint hier nicht ganz einwandsfrei, indessen ist der hohe Niveaustand wohl erklärlich, wenn man ähnlich wie bei Station 34 eine durch die Gewässer des Ume-Elf hervorgerufene, zungenartig verlaufende Niveauerhöhung annimmt, und die relative Lage von $P_{27,\ 28}$ und $P_{35,\ 34}$ begünstigt diese Annahme sehr. Ganz deutlich tritt dieser Einfluss frischen Wassers vor Stockholm hervor.

Erwähnenswerth ist noch die Ausbuchtung nördlich von Bornholm (gegen Sandhammar hin), die ich nicht zu erklären imstande bin.

Wenn man die gegebenen Erläuterungen genau verfolgt, so scheint es, als bestände zwischen der Deutung der Dinge für die Beltsee und für die Ostsee ein gewisser Widerspruch. Im ersten Falle habe ich die Lage der tiefen Rinne an der deutschen Küste, also der linken Seite des ausfliessenden Stromes, durch die Erdrotation erklärt. Im zweiten Falle habe ich dieselbe Erklärung für das Rechtsdrängen der Mulde angeführt. Dieser Widerspruch löst sich jedoch auf folgende Weise. Während in der Ostsee infolge der gleichmässigeren Vertheilung des Salzgehaltes in den einzelnen Schichten eines Querschnittes die tiefe Rinne wirklich eine Flussrinne ist, d. h. die einzelnen Niveaulinien der Karte gewissermaassen Isohypsen sind, auf denen die Gradienten der Stromrichtung, abgesehen von der Erdrotation, senkrecht stehen, ist dies in der Beltsee durchaus nicht der Fall, wenigstens nicht in dem Maasse wie in der Ostsee; denn man hat dort nicht eine homogene Wassermasse vor sich, sondern zwei Gewässer ganz verschiedener Art und Herkunft, von welchen jedes seinen Lauf für sich verfolgt. Die Niveaulinien der Beltsee sind daher ein Mischprodukt aus den Niveaulinien, die jedes der Gewässer für sich bedingen würde, aber die des Ostseewassers herrschen an der schwedischen, die des Nordseewassers an der jütischen Küste vor, und da die letzteren ein niedrigeres Niveau bedingen, so läuft die tiefe Mulde der Dichtigkeitsfläche an der dänisch-deutschen Küste südlich, ohne jedoch den nordwärts fliessenden Ostseestrom direkt westlich zu ziehen. Je weiter nach Norden allerdings, desto mehr tritt seine westliche Komponente hervor. Ich werde noch darauf zurückkommen.

Digitized by Google

Im Anschluss an die vorerwähnte Linie +0.60 m der Mohn'schen Arbeit würde also die Linie +100 mm in unserer Karte der Mohn'schen Linie +0.9 m entsprechen. Bei Kronstadt würde die Niveaufläche um ca. 1 m, bei Haparanda um ca. 95 cm infolge der Dichtigkeitsunterschiede höher liegen als an der Mohn'schen Nulllinie mitten im Nordmeere. Zwischen der Ostsee östlich von Bornholm und dem Ausgange des Skagerrak ergäbe sich darnach ein Gefälle von ungefähr 33 cm, was für die Theorie der Strassenströme von Bedeutung sein dürfte.

Fragt man überhaupt nach den Stromverhältnissen, die durch diese Dichtigkeitsfläche bestimmt werden, so müsste man, um sie genau zu erhalten, die Gradienten der einzelnen Niveaulinien suchen und mit deren Hülfe (wie nach dem barischen Gesetz für Luftströmungen) die Stromrichtung und Stromstärke bestimmen. Es erfordert dies eine sehr umständliche und mühsame Rechnung, die, ebenso wie die nähere Untersuchung der Tiefenströme, einer späteren Gelegenheit vorbehalten bleiben soll. Auch Untersuchungen über eine etwaige Aenderung der Dichtigkeitsfläche mit den Jahreszeiten bieten sich als künftig noch zu lösendes Problem, das bei der vorliegenden Arbeit kaum gestreift werden konnte. — Einfacher, aber weniger genau könnte man auch die Stromstärke für das Gefälle senkrecht zu den Niveaulinien berechnen; man addirt dann zu der Richtung der Gradienten noch eine Winkelkorrektion für die Ablenkung durch Erdrotation, um auch die Stromrichtung zu erhalten. Diese letztere Art würde indessen nicht einmal das theoretische Interesse haben, welches der ersteren nicht abgesprochen werden kann. Eine praktische Bedeutung haben, wegen der schnell wechselnden Verhältnisse in den Gefällen und des grossen Einflusses der Windströmungen, beide nicht.

Man kann übrigens den ungefähren Verlauf des Stromes aus den Niveaulinien ablesen, wenn man beachtet, dass bei den Gefälleströmungen die Rechtsablenkung durch Erdrotation sehr merklich zu sein pflegt. Darnach zu urtheilen, würde der Strom in der ganzen bottnischen See, allerdings sehr schwach, südlich setzen. Im finnischen Meerbusen, in der Nähe von Kronstadt, müsste er stärker südwestlich laufen, später mehr nach Westen umbiegen und langsamer werden. Der Hauptstrom in der eigentlichen Ostsee ist, im Süden von Ösel stärker und an der übrigen russischen Küste schwächer, westlich und südwestlich, an der schwedischen Ostküste schwach südöstlich, und in der Mitte, d. h. mehr nach der schwedischen Seite zu schwach, südlich.

Von der preussischen Küste setzt er, wie überhaupt von der ostdeutschen Küste (bis Rügen) ab. Dort am frischen und kurischen Haff, d. h. bei letzterem von der nächsten Nähe der Küste abgesehen, hat er vielleicht eine schwach östliche Komponente infolge der längs der Küste setzenden Oder- und Weichselgewässer, welche allmählich in die schon erwähnten beiden grossen Zungen der +100 mm-Linie auslaufen. Je weiter nach Westen und Norden, desto mehr geht die östliche Komponente in eine westliche über. Westlich von Rügen ändert sich das Bild. Die Strombetten werden enger, das Gefälle grösser und infolgedessen der Strom stärker. An der deutschen Küste müsste ein ganz flacher Oberflächenstrom westlich setzen (nach unserer Karte). Dagegen in der Tiefe, je weiter westlich, desto stärker müsste ein Unterstrom nach Osten laufen. Ebenso sind die Verhältnisse im kleinen Belt in nord-südlicher Richtung. Im grossen Belt müsste der Oberflächenstrom schon stärker sein (natürlich nördlich laufend) und am kräftigsten im Sund, was auch zutrifft. Meines Wissens ist der nördlich setzende Strom im Belt nie so stark wie er im Sund sein kann, und leichter macht sich im Belt ein von Norden kommender, mit dem Wind gehender Strom bemerkbar. Im Kattegat müsste der Niveauabfall nach Westen und die Kraft der schwedischen Ströme eine westliche Komponente, je weiter nach Norden, desto stärker hervorbringen, umsomehr, da der rechtsdrängende, einfliessende Strom mit seiner Niveaudepression dazu hilft. Weiter nördlich kommen dann die südlich laufenden Strömungen aus den Fjorden Norwegens in Betracht und helfen dazu das Umbiegen des Ostseestromes nach Westen zu begünstigen. Daher dort das geringe Gefälle, innerhalb dessen die Stationen $E_{11, 12, 13}$ und $E_{17, 18}$ liegen. Indes die Resultate werden infolge der Senkung der Grenzfläche, die in diesen Gegenden stattfinden muss, immer ungenauer, doch lässt die Mulde der Niveauflächen sich noch deutlich erkennen. Der Strom müsste demnach dort südsüdwestlich setzen.

Diese kurzen Bemerkungen können natürlich kein abschliessendes Bild der Strombewegungen in der Ostsee geben. Dazu muss nothwendigerweise die Windfläche berücksichtigt werden, und diese Aufgabe muss einer späteren Gelegenheit vorbehalten bleiben.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Aus dem

Archiv der Deutschen Seewarte.

XXIII. Jahrgang: 1900.

Herausgegeben

von

der Direktion der Seewarte.

HAMBURG, 1901.

Gedruckt bei Hammerich & Lesser in Altona.

Digitized by Google

INHALT.

No. **1.** Die Extrem-Temperaturen in Hamburg in den Jahren 1876—1900. Von Dr. *L. Grossmann*, Seewarte, Hamburg.

No. **2.** Untersuchungen der Abtheilung II der Deutschen Seewarte über die Genauigkeit der Messungen mit Quecksilber-Barometern.

No. **3.** Die Polhöhe des Nordthurms der Deutschen Seewarte, abgeleitet aus Beobachtungen von Dr. *C. Stechert*, Kapt. *G. Reinicke* und Dr. *J. B. Messerschmitt.*

No. **4.** Dynamische Effekte der doppelten Erdbewegung auf die Atmosphäre. Von *L. Gentil Tippenhauer*, Port au Prince. (Mit 2 lithographirten Tafeln und mehreren im Text gegebenen Figuren).

No. **5.** Die Aenderung der Temperatur von Tag zu Tag an der deutschen Küste in den Jahren 1890/99. Von Dr. *L. Grossmann*, Seewarte, Hamburg.

No. **6.** Die meteorologischen Ursachen der Hochwasser-Katastrophen in den mitteleuropäischen Gebirgsländern. Vortrag vor der Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte zu München 1899, gehalten von *Wilhelm Krebs* (Barr.)

By Transfer
U. S. Naval Observatory.
JUN 24 1935

LIBRARY OF CONGRESS
DEC 3 1935

Exchange
Library of Congress

Digitized by Google

AUS DEM
ARCHIV DER DEUTSCHEN SEEWARTE.
XXIII. Jahrgang 1900.
Herausgegeben von der Direktion der Seewarte.

No. 1.

Die Extrem-Temperaturen in Hamburg

in den Jahren 1876—1900.

Von Dr. **L. Grossmann,** Seewarte, Hamburg.

HAMBURG, 1900.
Gedruckt bei Hammerich & Lesser in Altona.

Digitized by Google

Digitized by Google

No. 1.

Die Extrem-Temperaturen in Hamburg
in den Jahren 1876—1900.

Von Dr. **L. Grossmann**, Seewarte, Hamburg.

Einleitung.

Die strenge Kälte des Winters 1900/01 gab dem Verfasser Anlass zu einer Vergleichung mit den früheren Beobachtungen und führte weiterhin, bei Ausdehnung der ursprünglichen Aufgabe, zu einer eingehenden Bearbeitung der in Hamburg auf der Seewarte durch Extrem-Thermometer gemessenen Maximum- und Minimum-Temperaturen der Jahre 1876—1900. Das hier kurz mitgetheilte Ergebniss stellt sich zugleich als ein erstes Resultat der Beobachtungen des letzten Vierteljahrhunderts im Beobachtungsnetz der Seewarte dar. Eine Ausdehnung der Untersuchung auf die übrigen Stationen ist in dem gleichen Umfange nicht möglich, da von den Normal-Beobachtungsstationen nur Hamburg von Anfang an mit Maximum-Thermometern ausgerüstet war.

Die auf der Seewarte bestehende Aufstellung der zu den Beobachtungen benutzten Alkohol-Minimum- und Quecksilber-Maximum-Thermometer bester Konstruktion gewährt möglichsten Schutz gegen Strahlungs-Einflüsse. Beide Extrem-Thermometer werden bei der Morgenbeobachtung um 8^a Ortszeit abgelesen; zu dieser Zeit wird auch das Maximum-Thermometer eingestellt, während das Minimum-Thermometer seit Anfang 1879 hiervon abweichend bei der Nachmittagsbeobachtung um 2^h Ortszeit eingestellt wurde. Wenn sich somit die Minimum-Temperaturen seitdem auf einen achtzehnstündigen Zeitraum beziehen und daher in den mehr vereinzelten Fällen des Sinkens der Temperatur nach 8^a etwas zu hoch darstellen, so wird auf der andern Seite durch die Nachmittags-Einstellung die Zahl der Fälle vermindert, wo bei Eintritt warmer Witterung nach starkem Frost die am Morgen herrschende niedrige Temperatur als Minimum-Temperatur des folgenden Zeitraums auftritt, und die Morgen-Einstellung des Minimum-Thermometers somit zu niedrige Minima für die Nacht ergeben würde.

Ebenso wird die am Maximum-Thermometer abgelesene Temperatur in einzelnen Fällen besonders unregelmässigen Temperaturverlaufes, bei anhaltendem Steigen der Temperatur, keineswegs die Bedeutung der höchsten Temperatur des in Wirklichkeit kälteren Vortages besitzen, doch wurde von einer entsprechenden Aenderung der Extrem-Temperaturen Abstand genommen. Diese wurden den meteorologischen Jahrbüchern bezw. dem Manuskript durchweg unverändert, die Monatsmittel auf hundertstel Grad berechnet entnommen; da jedoch die Maxima in den Jahrbüchern um einen Tag vordatirt erscheinen, so musste hierauf durchweg Rücksicht genommen werden.

I. Theil: Die Mittelwerthe.

§ 1. Monats- und Jahresmittel der täglichen Extrem-Temperaturen.

Die in den Jahrbüchern publizirten Monatsmittel der Maximum-Temperaturen wurden mit Rücksicht auf deren angegebene falsche Datirung in der Weise korrigirt, dass an Stelle des für den ersten Monatstag angegebenen Maximums das für den ersten des folgenden Monats gedruckte Maximum eingesetzt wurde. Hätte es sich hier lediglich um die Mittelwerthe für den ganzen Zeitraum gehandelt, so wäre die Aufgabe dieser Korrektur leichter durchzuführen gewesen. Bezeichnen nämlich a_1, a_2, a_3 die Mittel dreier aufeinander folgender Monate, so stellt $a_2 - a_1$ näherungsweise die Aenderung von Mitte des ersten bis zu der

Digitized by Google

des zweiten Monats und entsprechend $a_3 - a_2$ die weitere Aenderung bis zur Mitte des dritten Monats dar, und es muss daher $\frac{a_3 - a_1}{2}$ nahezu die Aenderung vom Anfang des zweiten bis zu dem des dritten Monats darstellen. Hiernach würde, um die falsche Datirung der Maxima auszugleichen, an dem vieljährigen Mittel des zweiten Monats die Korrektion $\frac{a_3 - a_1}{60}$ anzubringen sein, falls man hinreichend genau die Monate gleichmässig zu 30 Tagen rechnet. Dass diese Methode ausreicht, zeigen die folgenden Zahlen, die in der ersten Reihe die durch Berücksichtigung der einzelnen Monate streng ermittelten und in der zweiten die in der angegebenen Weise berechneten Korrektionen der gedruckten Monatsmittel wiedergeben:

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
+0.02	+0.01	+0.17	+0.13	+0.17	+0.08	−0.02	−0.05	−0.13	−0.21	−0.14	−0.06
0.00	+0.07	+0.13	+0.16	+0.15	+0.08	+0.01	−0.06	−0.14	−0.18	−0.14	−0.08

Tab. I enthält die fünfundzwanzigjährigen Monatsmittel der täglichen Extrem-Temperaturen neben den grössten und kleinsten Monatsmitteln, deren Unterschiede (Δ) und die mittlere aperiodische Schwankung der Temperatur in den Monaten als Unterschied der mittleren Monatsmittel der täglichen Extreme berechnet. Hiernach übertrifft die Amplitude der monatlichen mittleren Maxima die der Minima in 9 Monaten, und nur in den Monaten Dezember bis Februar, dem meteorologischen Winter, zeigen die mittleren täglichen Minima die grössere Schwankung. Der Verlauf dieser Amplituden lässt einen auffallenden Sprung für Mai hervortreten, der nach der Tabelle durch hohe bezw. niedrige Beträge des grössten mittleren monatlichen Maximums und des kleinsten mittleren Minimums hervorgerufen wird; für den Mai bestehen somit die Bedingungen für die Herbeiführung relativ hoher monatlicher Maxima und niedriger Minima in weit höherem Grade als für die übrigen Monate. Es spricht sich hier der Einfluss aus, den einerseits das im Mai häufige Auftreten langanhaltender Winde aus östlichen Richtungen, verbunden mit einem geringen Wassergehalt der Atmosphäre, und andererseits der im Mai häufige, durch ein Hochdruckgebiet im Westen und Nordwesten Europas charakterisirte Wettertypus, zusammen mit der um diese Jahreszeit in den oberen Schichten seit dem Winter noch wenig erwärmten Atmosphäre, ausüben. Nach van Bebber („Wissenschaftliche Grundlage einer Wettervorhersage auf mehrere Tage voraus", Aus d. Archiv d. Deutschen Seewarte, 1899, No. 5) lag das Hochdruckgebiet in den Jahren 1876—95 mit seinem Kern im Mai an 109 Tagen in N und NE, 67 in E und SE, 128 in W und SW und an 165 in W und NW. Da aber für das Zustandekommen von besonders extremen Temperaturen im einzelnen und in gleicher Weise von extremen Monatsmitteln die Dauer der Wetterlage besonders in das Gewicht fällt, entnehmen wir der angeführten Arbeit, in wie vielen Fällen die durch die Lage des Kernes des Hochdruckgebietes charakterisirten Wettertypen in den Jahren 1876—95 eine Dauer von mindestens einer Woche hatten, und finden:

	Kern des Maximums in					im Ganzen
	N/NE	E/SE	S/SW	W/NW	Zentral	
Winter . . .	13	10	17	10	6	56
Frühling .	22	2	7	22	0	53
Sommer . .	2	0	16	15	5	38
Herbst . . .	11	5	9	14	1	40
im Ganzen	48	17	49	61	12	187

Hiernach ist das Frühjahr in besonders hohem Grade durch lange Perioden der Wettertypen mit einem Maximum in N/NE und in W/NW ausgezeichnet, und man findet weiter, dass die letzteren besonders den Mai, die ersteren den April bevorzugen.

Die mittlere aperiodische Schwankung liegt zwischen 3°7 im Dezember und 8°1 im Mai und erreicht somit in diesem Monat und ebenso auch im Juni mehr als den doppelten Betrag der im Dezember und Januar auftretenden kleinsten Werthe. Diese mittlere aperiodische Schwankung entspricht der mittleren Bewölkung; heiteres Wetter erhöht sie, trübes Wetter wirkt verringernd. Während heiterer Sommertage steigen

Digitized by Google

Tab. I.

Monat	Monatsmittel 1876—1900 der täglichen Maxima: Mittel (korr.)	grösster Werth	kleinster Werth	Δ	der täglichen Minima: Mittel (korr.)	kleinster Werth	grösster Werth	Δ	Aperiod. Schwankung	Mittlere Abweichung: Max.	Min.
Januar....	1.51*	5.64*	−3.22*	**8.86**	−2.50*	−8.35*	2.40	**10.75**	4.01	**1.97**	**2.23**
Februar...	3.12	6.01	−2.62	8.63	−1.24	−7.57	1.82*	9.39	4.36	1.85	1.66
März.....	5.82	10.05	1.73	8.32	0.24	−3.96	3.55	7.51	5.58	1.86	1.52
April.....	10.88	14.32	7.98	6.34	3.72	1.48	6.31	4.83	7.16	1.44	0.96
Mai.....	15.79	20.84	12.13	8.71	7.72	4.75	12.03	7.28	**8.07**	1.30	0.94
Juni.....	19.62	**23.55**	17.18	6.37	11.62	9.78	**15.09**	5.31	8.00	1.15	0.74
Juli.....	**20.48**	22.37	16.91	5.46	**13.47**	**11.54**	15.07	3.53*	7.01	1.29	0.80
August...	20.09	21.93	**17.49**	4.44*	13.18	10.88	14.76	3.68	6.91	1.27	0.70*
September.	16.98	19.71	14.79	4.92	10.50	7.39	12.17	4.78	6.48	1.23	0.86
Oktober...	11.33	13.79	8.24	5.55	6.40	3.98	8.64	4.66	4.93	1.04*	0.92
November.	6.39	10.17	3.86	6.31	2.19	−0.43	5.53	5.96	4.20	1.21	1.28
Dezember.	2.94	6.74	−1.80	8.54	−0.75	−7.29	2.87	10.16	3.69*	1.55	1.68
Jahr....	11.25	—	—	—	5.38	—	—	—	5.87	—	—
Amplitude.	18.97	17.91	20.71	4.42	15.97	19.89	13.27	7.22	4.38	—	—

die Maxima und ebenso die Minima, diese aber nicht in gleichem Grade, da die in klaren Nächten verstärkte Ausstrahlung die durch die Insolation hervorgerufenen Unterschiede verringert, und es muss somit heiteres Wetter im Sommer die aperiodische Tagesschwankung der Temperatur erhöhen. Im Winter, wo die Ausstrahlung über die Insolation überwiegt, sinkt das Minimum in klaren Nächten stärker als in trüben Nächten, das nachfolgende Maximum wird aber nicht die gleiche Erniedrigung zeigen, wie sie bei trübem Wetter eintreten würde, sondern unter dem Einfluss der bei klarem Wetter verstärkten Insolation einen höheren Werth erreichen, so dass auch im Winter klares Wetter grössere aperiodische Tagesschwankungen als trübes Wetter hervorruft. Da die Sommermonate mit hohen mittleren Maximum-Temperaturen und die Wintermonate mit niedrigen mittleren Minimum-Temperaturen im allgemeinen durch relativ niedrige Mittel der Bewölkung charakterisirt sind, so steht zu erwarten, dass die warmen Sommermonate wie die kalten Wintermonate durch grosse Werthe der mittleren aperiodischen Temperatur-Schwankung vor den kühlen Sommermonaten bezw. den milden Wintermonaten ausgezeichnet sein werden; für die kältesten Januar-Monate des Zeitraumes im Vergleich mit den mildesten erhält man auch entsprechend für die mittlere aperiodische Schwankung 4°4 gegen 3°9 und für die wärmsten Juli-Monate gegenüber den kühlsten die Werthe 7°5 gegen 6°1. Dieser Unterschied von 1°4 im Juli ist erheblich grösser als der im Januar berechnete von 0°5, was seine Erklärung neben dem Einfluss der Schneedecke, die besonders den kalten Wintermonaten zukommt und der Erhöhung der Temperatur an heiteren Tagen unter der Einwirkung der Insolation entgegenwirkt, in der grösseren Kraft der sommerlichen Insolation gegenüber der der winterlichen Ausstrahlung zu finden hat.

Da dieser Ueberschuss der Wärmezufuhr durch Insolation über den Verlust durch Ausstrahlung im Sommer erheblich grösser ist als der überwiegende Verlust durch Ausstrahlung gegenüber der Zufuhr durch Insolation im Winter, so treffen wir in der warmen Jahreszeit weit erheblichere Werthe der mittleren aperiodischen täglichen Wärmeschwankung als im Winter an.

§ 2. Die mittlere Abweichung der Monatsmittel der täglichen Extrem-Temperaturen.

Die aus den Abweichungen der Monatsmittel der täglichen Extrem-Temperaturen von den für den Zeitraum geltenden mittleren Werthen ohne Rücksicht auf das Vorzeichen als arithmetische Mittel berechneten mittleren Abweichungen finden sich in Tab. I angegeben. Für die Monate November bis Januar überwiegt die der Minimum-Temperaturen über die der Maximum-Temperaturen, aber nur um kleine Beträge, während in den übrigen 9 Monaten die mittlere Abweichung der Maximum-Temperatur um weit erheblichere Beträge, meist 0°4 bis 0°5, grösser als die der Minimum-Temperatur ist.

Digitized by Google

Verfolgt man die Aenderungen der gleichen einzelnen Monatsmittel von einem Jahr zum anderen, so ergiebt sich, dass die Mittel der Maximum- und der Minimum-Temperaturen fast ohne Ausnahme in Bezug auf die Vorzeichen gleichartige Aenderungen erfahren. Der Monat setzt sich eben aus mehr oder weniger einzelnen Wetterperioden zusammen, von denen jeder eine gewisse mittlere Temperatur als Basis über oder unter dem Normalwerthe zukommt, auf der dann Ein- und Ausstrahlung operiren, sodass die beiderartigen Extrem-Temperaturen von Periode zu Periode und ebenso von Jahr zu Jahr zu der gleichen Zeit des Jahres dem Vorzeichen nach im allgemeinen gleichartige Aenderungen erfahren müssen.

Daher erklären sich auch, gemäss den obigen Darlegungen, für den Winter die grösseren Werthe der mittleren Abweichung der Minimum-Mittel und für die warme Jahreszeit das weit entschiedenere Ueberwiegen der mittleren Abweichung der Maximum-Mittel, wie auch das Auftreten der grössten Werthe der mittleren Abweichung für beide Temperatur-Extreme im Winter und deren kleinsten Werthe in der warmen Jahreszeit.

Als ein wesentliches Moment bei dem Zustandekommen relativ kalter Witterung im Gegensatze zu warmem Wetter verdient besonders auch der Unterschied hervorgehoben zu werden, dass sich kalte Luftmassen ohne Neigung zum Aufstieg längs der Erde fortbewegen, während die Zufuhr warmer Luft durch Winde nur in beschränktem Maasse möglich ist. Während wir Kältewellen kennen und im Winter in vielen Fällen bei den Perioden des schärfsten Frostes den Lufttransport aus dem Kältegebiet im Osten auf den Wetterkarten mit Sicherheit verfolgen können, dürfen wir von eigentlichen Wärmewellen nur mit Einschränkung sprechen. Wo wir die Ausbreitung extremer Hitze von einem Gebiet zum anderen beobachten, handelt es sich nicht wie bei Kälte um Lufttransport, sondern lediglich um eine Ausbreitung der meteorologischen Bedingungen, die der Entwicklung abnorm hoher Wärmegrade förderlich sind. Gewiss wird im Winter die Erwärmung mit dem Vordringen ozeanischer Winde fortschreiten, nicht aber wird im Sommer abnorme Hitze durch Winde auf erhebliche Entfernung fortgepflanzt.

Die geringe mittlere Abweichung der mittleren Minimum-Temperatur im Juni bis August dürfte vielleicht zum Theil auf den hohen Wasserdampfgehalt der Luft in diesen Monaten zurückzuführen sein, erscheint aber wesentlich dadurch bedingt, dass um diese Jahreszeit die thermischen horizontalen Gegensätze ihren kleinsten Werth erreichen, die Atmosphäre relativ durchwärmt ist, und der Wetterlage eine grössere Veränderlichkeit als im Winter zukommt.

§ 3. Vergleich des arithmetischen Mittels der Monatsmittel des täglichen Maximum und Minimum mit der wahren Mittel-Temperatur.

Um die wirkliche monatliche Mittel-Temperatur von Hamburg für den Zeitraum zu berechnen, wurden die Mittel-Temperaturen der Monate der einzelnen Jahre mit zwei Dezimalstellen theils den Jahrbüchern der Seewarte, theils den Manuskript-Tabellen entnommen. Bis auf das Jahr 1876, für welches die Mittel abweichend berechnet worden waren und diese daher neu berechnet werden mussten, lagen den Mittelwerthen die sogenannte Sommer- und Winterformel zu Grunde, nämlich für Mai bis August die Formel $\frac{1}{4}(8^a + \text{Maximum} + \text{Minimum} + 8^p)$ und für September bis April die Formel $\frac{1}{2}\left(\frac{8^a+2^p+8^p}{3}+\frac{8^a+8^p}{2}\right)$. Da der Verfasser (Met. Zeitschrift IX, 1892), gezeigt hat, dass für April und August die Mittel besser als Mittel aus beiden Formeln zu berechnen sind und dort weiter die Korrektionen abgeleitet hat, die zur Reduktion der so erhaltenen 12 Monatsmittel auf wahre vierundzwanzigstündige Mittel dienen, so wurden diese Korrektionen zugefügt, und es ergaben sich in solcher Weise die folgenden wahren Mittel-Temperaturen von Hamburg für 1876—1900:

Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
—0.59	0.90	2.90	7.24	11.75	15.51	16.79	16.48	13.63	8.71	4.17	1.00	8.21

Die Abweichungen der arithmetischen Mittel der monatlichen Mittelwerthe der (korrigirten) Maxima und Minima finden sich in Tab. II nebst den für Wien und Brüssel berechneten zusammengestellt; erstere wurden mittels der Wiener Jahrbücher 1876—83 abgeleitet, letztere für die Jahre 1843—82 dem Werke Quetelet's (Mémoire sur la Température de l'Air à Bruxelles, 1867) entnommen. Hiernach ist das Mittel der Extrem-Temperatur-Mittel für Hamburg und Brüssel durchweg zu hoch und meist auch für Wien; die

Digitized by Google

Abweichung verläuft am gleichmässigsten für Hamburg, sodass für diesen Ort (und Zeitraum) die Formel $^1/_2$ (Maximum + Minimum) — 0°11 zur Darstellung der wahren Temperatur-Mittel vollkommen ausreichen würde. Quetelet verwendet gleichmässig für das ganze Jahr die Formel $^1/_2$ (Maximum + Minimum) — 0.43, erreicht damit aber nur eine Annäherung bis auf ± 0°2.

Tab. II.

Monat	Mittel — $^1/_2$ (Max. + Min.)			α		
	Hamburg 1876/1900	Brüssel 1843/1862	Wien 1876/1883	Hamburg	Brüssel	Wien
Januar	—0.09	—0.24	+0.10	0.476	0.444	0.519
Februar	—0.04	—0.37	—0.06	491	430	490
März	—0.13	—0.41	—0.32	477	439	459
April	—0.06	—0.53	—0.06	492	440	493
Mai	—0.01	—0.42	—0.03	499	457	497
Juni	—0.11	—0.48	+0.01	486	459	501
Juli	—0.19	—0.39	—0.12	474	459	488
August	—0.16	—0.51	—0.17	478	442	482
September	—0.11	—0.50	—0.36	483	439	458
Oktober	—0.15	—0.57	—0.39	469	411	445
November	—0.12	—0.42	+0.01	471	415	501
Dezember	—0.10	—0.27	+0.07	474	436	513
Jahr	—0.11	—0.43	—0.11	—	—	—

Läge das wahre Mittel in der Mitte zwischen der mittleren Minimum- und Maximum-Temperatur, so wäre M = Min. + $^1/_2$ (Max. — Min.). Dies ist jedoch nicht der Fall, sondern es ist M = Min. + α (Max.— Min.), wo α die ebenfalls in Tab. II gegebenen Werthe besitzt, und das wahre Mittel dem des Minimums bezw. des Maximums näher liegen muss, je nachdem $\alpha <$ oder > 1 ist.

§ 4. Die mittleren monatlichen Extreme und die mittlere monatliche Amplitude der Temperatur.

Entsprechend dem Unterschiede zwischen den in einem bestimmten Monat erreichten höchsten und niedrigsten Temperaturen, der die Amplitude der Temperatur für diesen Monat darstellt, berechnet man die mittlere Amplitude für jeden Monat eines gegebenen Zeitraumes als den Unterschied zwischen den Mitteln der in den verschiedenen Jahren beobachteten höchsten und niedrigsten Temperaturen, die man als die mittleren monatlichen Maxima und Minima bezeichnet. Diese sind nicht zu verwechseln mit den mittleren täglichen Maxima und Minima der Monate, deren Unterschied die monatliche aperiodische Tagesschwankung darstellt.

Tab. III.

	Mittleres		Mittlere Monats-Amplitude
	Maximum	Minimum	
Januar	7.88*	—11.12*	19.00
Februar	9.19	— 8.02	17.21
März	13.10	— 5.79	18.89
April	18.48	— 1.40	19.88
Mai	25.12	1.95	**23.17**
Juni	26.38	6.91	19.47
Juli	**27.50**	**9.36**	18.14
August	26.91	9.15	17.76
September	22.88	5.55	17.33
Oktober	18.12	0.28	17.84
November	12.17	— 4.74	16.91
Dezember	8.72	— 8.22	16.94

Digitized by Google

In Tab. III sind die mittleren Maxima und Minima der Monate neben den mittleren Amplituden zusammengestellt. Erstere Extreme sind aufzufassen als diejenigen Werthe, die während eines längeren Zeitraumes im Mittel als äusserste Werthe zu erwarten sind. Es kommt ihnen im allgemeinen bei einem längeren Zeitraume wie dem vorliegenden eine grössere Unsicherheit zu als den mittleren täglichen Extremwerthen und den absoluten Extremen der Monate, da sie einmal im Gegensatz zu den mittleren täglichen Extremwerthen als Mittel aus nur ebenso vielen Zahlen berechnet sind, wie der Zeitraum Jahre umfasst und sich andererseits gegenüber den absoluten Extremen, für die die 25 gleichen Monate des Zeitraumes als ein Ganzes auftreten, aus den einzelnen Extremwerthen der einzelnen Monate zusammensetzen. Von dieser Unsicherheit der mittleren monatlichen Extreme legen die Werthe der mittleren Amplitude Zeugniss ab, die einen in gleichem Grade regelmässigen Verlauf im Jahre wie die mittleren täglichen Extreme und die absoluten Extreme nicht erkennen lassen. Wir finden jedoch auch hier die charakteristische Abweichung des Monats Mai, der eine um fast 4° grössere mittlere Amplitude als die benachbarten Monate zeigt.

II. Theil: Die Einzelwerthe.

Neben den Frosttagen, Tagen, an denen die Minimum-Temperatur unter Null sinkt, und den entgegengesetzten Sommertagen, an denen die Maximum-Temperatur $\geq 25°$, sind in der Meteorologie noch weiter die Eistage mit einer Maximum-Temperatur unter Null eingeführt.

Während den Frosttagen wegen des Einflusses des Frostes auf die Vegetation eine aktuelle Bedeutung zukommt, fehlt den Sommertagen eine solche und deren Auszählung soll nur eine Beurtheilung der vorkommenden höchsten Temperaturen ermöglichen, analog der festzustellenden Zahl der Frosttage. Sehen wir davon ab, dass die Bezeichnung „heisse Tage“ an Stelle von „Sommertagen“ vorzuziehen sein würde, da im Widerspruch mit dieser Benennung ein Theil der Erdoberfläche überhaupt keine Sommertage hat, so ist für unsere Gegenden gegen jene Definition der Sommertage der Einwurf zu erheben, dass die zufolge der Definition die äusseren Gruppen der entgegengesetzten Extrem-Temperaturen umfassenden und daher als Gegensätze auftretenden Frost- und Sommertage in unserem Klima so grosse Verschiedenheit in der Häufigkeit ihres Vorkommens zeigen. Während die Sommertage bei uns nur wenige von der Wärme besonders bevorzugte Tage darstellen, umfassen die Frosttage nahezu die Hälfte der Wintertage. Wenn wir in den Eistagen als dritte Grösse noch die unteren Werthe der Maximum-Temperaturen heranziehen, so ergiebt sich eigentlich die Einführung einer vierten Gruppe von Tagen von selbst, die wir durch die Höhe der Minimum-Temperaturen zu charakterisiren haben, der warmen Nächte, an denen das Minimum eine gewisse Grösse übersteigt. Dass gerade auch die niedrigste Temperatur der Nacht, sobald sie einen bestimmten Werth übersteigt, für den Menschen eine grosse Bedeutung besitzt, ist bekannt, liegt doch die Unerträglichkeit der Temperatur-Verhältnisse vieler Gebiete für den Europäer hauptsächlich daran, dass die Nächte keine genügende Abkühlung herbeiführen.

Wenn wir hier den Versuch machen wollen, neben den Sommertagen, eigentlich an deren Stelle, warme Tage einzuführen, die den Frosttagen äquivalent sein sollen, so werden die warmen Nächte wieder so zu definiren sein, dass sie den ihnen entgegengesetzten Eistagen an Zahl ungefähr entsprechen. Ehe der Verfasser die hier weiterhin mitgetheilte Untersuchung über die durch Häufigkeit ihres Vorkommens sich entsprechenden Maximum- und Minimum-Temperaturen ausgeführt hatte, wurden als warme Tage solche mit einem Maximum $\geq 20°$ und als warme Nächte solche mit einem Minimum $\geq 15°$ der Untersuchung zu Grunde gelegt. Diese entsprechen in Hamburg an Zahl nahezu den Eistagen, während für die warmen Tage der untere Grenzwerth des Maximums ungefähr $1^1/_2°$ niedriger zu wählen gewesen sein würde, um diese an Zahl den Frosttagen gleich zu stellen.

§ 5. Die monatliche und jährliche Vertheilung der Temperatur-Extreme auf die Temperatur-Skala.

Behufs genauer Ermittelung, welche Temperaturgrenzen für die warmen Tage und warmen Nächte für Hamburg zu wählen sein müssten, um deren Zahl gleich der der Frosttage bezw. der Eistage zu erzielen,

Digitized by Google

mussten die Extrem-Temperaturen des Zeitraumes nach Grad-Intervallen ausgezählt werden; dabei ergab sich behufs Anpassung an die Definition der Frost- und Sommertage als Nothwendigkeit, die Intervalle so zu wählen, dass

Temperaturen von .....
−2°0 bis −1°1 gleich $-1\frac{1}{2}°$
−1.0 » −0.1 » $-0\frac{1}{2}°$
0.0 » 0.9 » $+0\frac{1}{2}°$
1.0 » 1.9 » $1\frac{1}{2}°$
..... } gezählt wurden.

Die Vertheilung der Extrem-Temperaturen auf diese Grad-Intervalle zeigt Tab. *A* des Anhanges.

Wie die Kürze des Zeitraumes nicht anders erwarten lässt, zeigt die Vertheilung der Temperatur-Extreme in den einzelnen Monaten von Intervall zu Intervall fortschreitend noch mancherlei Unregelmässigkeiten. Bezeichnet man dasjenige Gradintervall, das am häufigsten auftritt, oder näherungsweise dessen Mitte, als den Scheitelwerth (vergl. Hugo Meyer, Anleitung zur Bearbeitung meteorologischer Beobachtungen für die Klimatologie, Berlin 1891), so wird man bei graphischer Darstellung des Verlaufes jener Häufigkeitszahlen finden, dass der Scheitelwerth nicht durchweg mit Sicherheit anzugeben ist. Durch Ausgleichung der Unregelmässigkeiten nach gewissen Prinzipien wird man auch in solchen Fällen zu bestimmten Zahlenwerthen für den Scheitelwerth gelangen, doch wurde hiervon wegen der immerhin bestehenden Willkür solcher Ausgleichsrechnung abgesehen, da auch auf die genaue Ermittlung jener Werthe kein grosses Gewicht gelegt werden sollte.

Die graphische Darstellung ergiebt für den Verlauf der Monatszahlen der Maxima und der Minima im allgemeinen eine grosse Aehnlichkeit. Der sommerliche Typus solcher Kurven, steiler Aufstieg zum Scheitel und weniger steiler Abfall, wenn man nach rechts im Sinne zunehmender Temperaturen fortschreitet, findet sich für die Maximum-Temperaturen von April bis September und für die Minimum-Temperaturen von März bis August, der winterliche Charakter, ein weniger steiler Aufstieg zum Scheitel als Abstieg, tritt bei den Minimum-Temperaturen für Dezember bis Februar und bei den Maximum-Temperaturen ausgeprägt im Oktober bis Januar auf. In den Monaten März bis Juli verlaufen die Kurven in ihren höchsten Theilen für die Maxima weit flacher als für die Minima, die fast durchweg steil emporragende Scheitel zeigen. Von September bis Februar zeigen die Scheitelwerthe für beide Kurven nahezu die gleiche Höhe, also die gleiche Häufigkeit für das häufigste Temperatur-Intervall, dann sinkt der Scheitel des Maximums gegen den des Minimums bis Juni und Juli, um im August wieder anzusteigen. Sehr auffallend ist, dass für den Dezember die Scheitelwerthe für die Maximum- und die Minimum-Temperaturen auf das Intervall von 0°0 bis 0°9 zusammenfallen; dann entfernen sie sich auf der Temperaturskala bis Mitte des Jahres, um sich späterhin wieder zu nähern.

Vergleicht man die Lage der Scheitelwerthe mit den Monats-Mitteln der täglichen Maxima und Minima, so ergiebt sich als besonders ausgeprochen für April und Mai ein Zusammenfallen der Scheitel- und Mittelwerthe, während die Scheitelwerthe der Maxima für Juni bis September links und die der Minima für Oktober bis März rechts von den Mittelwerthen liegen; während der warmen Monate ist somit der Scheitelwerth der Maxima kleiner, während der kalten Jahreszeit aber der Scheitelwerth der Minima grösser als die vieljährigen Monatsmittel der entsprechenden täglichen Extrem-Temperaturen, während für April und Mai Uebereinstimmung der beiderartigen Werthe für die Maxima wie die Minima besteht. In den Sommermonaten extravagiren eben die Maximum-Temperaturen, im Winter die Minimum-Temperaturen und entsprechend erhöhen die verhältnissmässig wenigen besonders hohen Maximum-Temperaturen des Sommers den Mittelwerth, wie die niedrigsten Minima im Winter die Mittelwerthe erniedrigen, ohne dass eine entsprechende Verschiebung des Scheitels erfolgt; im Mai, der, wie wir gezeigt haben, in gleicher Weise zur Entwicklung hoher Maxima wie hoher Minima Anlass giebt, fallen entsprechend auch Scheitelwerth und die Extrem-Mittel zusammen und dieses wird für April auf die gleiche Ursache zurückzuführen sein. Weniger gleichartig ist die gegenseitige Lage der Scheitelwerthe und der Mittelwerthe für die Maxima von Oktober bis März (Scheitelpunkt je 2 mal rechts, links und zusammenfallend) und für die Minima von Juni bis September

Digitized by Google

(Scheitelwerth je 2mal links und zusammenfallend); weder die kältesten Monate des Jahres ergeben also für die Maxima, noch die wärmsten für die Minima der Temperatur eine bestimmte Lage der Scheitelwerthe gegen die Mittel dieser Extrem-Temperaturen.

Die Vertheilung der Temperatur-Extreme nach Grad-Intervallen auf das Jahr zeigt je zwei Maxima der Häufigkeit, durch ein ausgesprochnes Minimum getrennt, also zwei Scheitelwerthe! Für die Minimum-Temperaturen fallen diese Scheitelwerthe grösster Häufigkeitszahlen auf die Intervalle $+0^1/_2°$ und $+12^1/_2°$, getrennt durch ein tiefes Minimum für $6^1/_2°$, während die Maximum-Temperaturen Scheitelwerthe für die Intervalle $+6^1/_2°$ und $+16^1/_2°$ liefern, getrennt durch ein Minimum für $+12^1/_2°$; die Kurve der Maxima verläuft jedoch in der Umgebung des zweiten Scheitels unregelmässig, sodass als zweiter Scheitelwerth auch $+18^1/_2°$ eingesetzt werden kann. In diesem Falle hätten beide Jahreskurven zwei um 12° von einander abstehende Maxima, getrennt durch ein Minimum in ihrer Mitte bei $6^1/_2°$ bezw. $12^1/_2°$. Die Kurve der Minima verläuft höher gethürmt als die der Maxima und es zeigt das Minimum der Minimum-Kurve bei $+6^1/_2°$ ungefähr die gleiche Höhe wie das auf dieses Grad-Intervall fallende Maximum der Maximum-Kurve. Diese Kurve zeigt die gleiche Höhe bei beiden Scheiteln, während sich für die Häufigkeits-Kurve der Minima der erste Scheitelwerth bei weitem ausgeprägter darstellt; das entsprechende Intervall von +0°.1 bis +0.9 kommt nicht allein den Minimum-Temperaturen am häufigsten zu, sondern stellt sich auch als das häufigste heraus, wenn man die Minimum- und die Maximum-Temperaturen des Jahres zusammenfasst.

Dieses Auftreten zweier Scheitelwerthe in der jährlichen Vertheilung der Extreme nach Grad-Intervallen erklärt sich durch den grossen Unterschied zwischen Sommer und Winter, zwischen der Herrschaft der Insolation und der der Ausstrahlung, der durch den schnellen Uebergang zwischen diesen Jahreszeiten nicht ausgeglichen wird.

§ 6. Die extremen Werthe der Maxima und Minima der Temperatur in den Jahren 1876—1900.

In Tab. IV sind die in den einzelnen Monaten der 25 Jahre in Hamburg beobachteten grössten und kleinsten Werthe der Extrem-Temperaturen nebst den Daten der äussersten Extreme, die monatlichen Amplituden beider Extrem-Temperaturen und die Werthe der ganzen Temperatur-Schwankung der Monate zusammengestellt.

Hiernach schwankte die Temperatur während dieses Zeitraumes im ganzen zwischen —19°.8 und 32°.0, also um 51°.8, und in den einzelnen Monaten von November bis März wie im Mai um etwa 31—33°, am meisten im Mai, in den übrigen Monaten von etwa 25—27°, am wenigsten im Juli und November, im Juli um 8°.3 weniger als im Mai. Für März bis November war die Schwankung der Maxima die grössere, im Dezember und Februar die der Minima. Maxima über 30° wurden im Mai bis August, Minima unter —15° im Dezember bis Februar erreicht.

Die kleinste Amplitude im Jahre zeigen die höchsten Werthe der Minima, die nur um 13° schwankten, während sich die niedrigsten Werthe der Minima und Maxima gleichmässig um ca. $27^1/_2°$ bewegten und der absoluten Maximum-Temperatur der Monate ein mittlerer Spielraum von ca. 22° zukam.

Zeichnet man den Verlauf der Monatswerthe dieser vier Extreme im Jahr, so ergiebt sich in den Wintermonaten für alle ein gleichartiger Gang bis auf die höchsten monatlichen Minima, die von November bis Januar erheblich zu hoch erscheinen; da diese höchsten Minima bei warmem Wetter, das im Winter trüb zu sein pflegt, auftreten, so ist es erklärlich, dass diese Minima relativ höher als die zugehörigen Maxima ausfallen, indem die im Winter den Ausschlag gebende Ausstrahlung in ihrer Wirkung behindert ist. In den Sommermonaten tritt als charakteristischer Unterschied des Verlaufs dieser Kurven hervor, dass von Mai bis September die Kurven für die höchsten Werthe beider Extreme weit flacher und weniger gewölbt als die für die unteren Werthe der beiden Extrem-Temperaturen gezeichneten verlaufen, die im Sommer und Winter einen symmetrischen Verlauf aufweisen. Hiernach bestehen für die warmen Monate des Jahres für das Zustandekommen hoher Werthe der Maxima und der nächtlichen Minima weit geringere Unterschiede der maassgebenden Bedingungen als dies für die Herbeiführung niedriger Werthe der beiden Extreme der Fall ist. Die niedrigsten Werthe der Maxima und Minima treten in den Sommermonaten bei solchen Wetterlagen auf, in denen die Ein- und Ausstrahlung auf relativ kalter Basis operiren und es werden daher die Unterschiede der Sonnenhöhe in den verschiedenen Monaten bei den hervorgerufenen

Digitized by Google

Maxima und Minima stärker hervortreten müssen als bei den hohen Werthen der Maxima und Minima, die bei warmer Wetterlage, wo die Tages-Temperatur der höchsten erreichbaren Temperatur soviel näher liegt, durch verschiedene Sonnenhöhen hervorgerufen werden.

Tab. IV.

Monat	Niedrigstes Minimum		Niedr. Max.	Höchst. Min.	Höchstes Maximum		Schwankung			Prozent-Antheil am gesamten monatlichen Temperaturgebiet					
										Hamburg 1876/1900			Brüssel 1833/72		
		Dat.				Dat.	Min.	Max.	Ueberhaupt	Min. allein	Max. u. Min.	Max. allein	Min. allein	Max. u. Min.	Max. allein
Januar	—18.4	18./93	—14.6	9.1	13.2	9./77	27.5	27.8	31.6	12	75	13	18	74	9
Februar	—16.8	7./95	— 8.7	8.3	15.1	10./99	25.1	23.8	31.9	25	53	21	24	55	22
März	—12.1	2./86	— 5.7	11.3	19.9	25./96	23.4	25.6	32.0	20	53	27	21	55	24
April	— 5.3	12./79	0.1	12.3	21.7	21./00	17.6	21.6	27.0	20	45	35	16	48	36
Mai	— 1.0	4./77	6.1	19.4	31.7	27./92	20.4	25.6	32.7	22	41	38	24	41	34
Juni	5.0	1./90	10.4	20.8	31.1	5./77	15.8	20.7	26.1	21	40	39	20	35	45
Juli	7.6	2./85 9./88	13.1	21.3	32.0	4./83	13.7	18.9	24.4	23	34	44	25	30	44
August	5.7	31./85	12.8	21.1	31.0	19./93	15.4	18.2	25.3	28	33	39	26	24	50
September	1.3	26./77	9.3	18.4	28.8	3./95	17.1	19.5	27.5	29	33	38	33	32	34
Oktober	— 2.2	22./80	0.7	14.2	22.4	1./91	16.4	21.7	24.6	12	55	33	21	48	31
November	—13.5	27./90	— 9.9	12.0	17.3	5./99	25.5	27.2	30.8	12	71	17	25	59	16
Dezember	—19.8	25./76 26./76	—12.7	10.4	11.6	5./91	30.2	24.3	31.4	23	74	3	26	63	12
Jahr	—19.8		—14.6	21.3	32.0		41.1	46.6	51.8	10	69	21	—	—	—

Das in den einzelnen Monaten beherrschte Temperaturgebiet gehört zum Theil den Minimum-Temperaturen, zum Theil den Maximum-Temperaturen allein an und wird zum andern Theil von beiden Temperatur-Extremen in Anspruch genommen. Stellt man diese drei verschiedenen Antheile an den gesamten Temperatur-Gebieten der einzelnen Monate als Prozentwerthe dieser Gebiete dar, so erhält man die in Tab. IV gegebenen Zahlen. Hiernach nehmen die Maxima und Minima von November bis Januar gemeinschaftlich fast $^3/_4$ des ganzen monatlichen Temperatur-Gebietes in Anspruch, während sich dieser gemeinschaftliche Wirkungskreis für Juli bis September auf $^1/_3$ des Gebietes verringert zeigt. Einen regelmässigen Verlauf ergeben auch die Prozentwerthe des von den Maximum-Temperaturen allein beherrschten Gebietes, das von April bis September gleichmässig 38—39%, ausgenommen 44% im Juli, beträgt, und im Winter bis 13% im Januar und 3% im Dezember herabsinkt; hiernach kann es nicht so auffällig erscheinen, dass wir oben für den Dezember die gleichen Scheitelwerthe für die Maximum- und die Minimum-Temperaturen fanden. Geringere und weniger regelmässig verlaufende Unterschiede weist der Theil auf, den die Minimum-Temperaturen für sich allein von dem Gesamtgebiet beanspruchen; dieser bewegt sich zwischen 12% im Oktober, November und Januar und 28—29% im August und September. Das den Maximum-Temperaturen allein zukommende Gebiet übersteigt das dem Minimum allein eigene mit Ausnahme des Dezember und Februar, und erreicht im Juli fast dessen doppelten Betrag.

Um darzuthun, dass solchen hier vielleicht zum ersten Male berechneten Grössen eine wirkliche Bedeutung zukommt, sind für Tab. IV noch die gleichen Grössen für Brüssel aus den Beobachtungen der Jahre 1833—72 abgeleitet worden, die eine grosse Uebereinstimmung im allgemeinen hervortreten lassen, wenn auch natürlich Abweichungen auftreten, wie sie bei der Entfernung der Orte und der Zugrundelegung der Temperatur-Extreme gänzlich verschiedener Zeiträume im einzelnen zu erwarten stehen mussten.

§ 7. Die Wetterlage zur Zeit der höchsten und niedrigsten Temperatur-Extreme.

Zur Beurtheilung der Wetterlage an den kältesten und wärmsten Tagen in Hamburg wurden die dem Eintritt der absoluten monatlichen Extreme der Temperatur entsprechenden Wetterkarten herangezogen nebst denjenigen von allen Tagen, an denen die niedrigsten Maxima bezw. die höchsten Minima der Temperatur dem äussersten Grad-Intervall der betreffenden Extrem-Temperatur angehörten. Auf solche Weise

Digitized by Google

dienten 30 Fälle kältester und 25 Fälle wärmster Witterung zur Untersuchung der im Laufe des Jahres erfolgenden Wandlung der Wetterlage zur Zeit der extremen Temperaturen der Monate.

Hiernach trat in Hamburg die grösste Kälte von November bis März ausnahmslos bei östlichen bis südöstlichen Winden ein; meist lagerte höchster Luftdruck über Nord- bis Nordost-Europa gegenüber niedrigem Luftdruck über Kontinental-Europa. Der April zeigte bei grösster Kälte das Hochdruckgebiet schon mehr über dem Norden bis Nordwesten des Erdtheils und die Winde aus Nordost bis Nord. Von Mai bis August führten ausnahmslos Winde aus NW—W die niedrigste Temperatur in Hamburg herbei; gegenüber einem Hochdruckgebiete im Westen lagen Depressionen über Nordost-Europa, zuweilen Zentral-Europa umfassend, und in der Regel haben tiefe über Jütland oder weiter nördlich vorüberschreitende Theil-Minima starke Abkühlung herbeigeführt. Da die grösste Kälte gewöhnlich erst zu Ende der betreffenden Wetterlage eintritt, so finden wir häufig an den kältesten Tagen bereits eine neue Depression über dem Ozean herannahend und das Hochdruckgebiet im Westen, entsprechend verlagert und an Umfang verringert, von Südwest-Europa nur noch in einem Ausläufer über die Britischen Inseln vorragend. Im September dürfte dieser Wettertypus besondere Kälte nur in selteneren Fällen noch für Hamburg herbeiführen, wie am 24. September 1899; das Hochdruckgebiet nimmt in diesem Monat an kalten Tagen wieder eine mehr nordwestliche und nördliche Lage ein, sodass die Kälte, wie im April, bei Winden aus Nord bis Nordost einzutreten pflegt. In einem Falle war es ein tiefes Minimum, das auf Zugstrasse IV vom Kanal längs der Küste fortschritt (28. September 1894), auf dessen Rückseite der nachdrängende hohe Luftdruck durch Winde aus der angeführten Richtung die Kälte herbeiführte. Derselben Zugstrasse war auch am 22. Oktbr. 1880 die niedrigste im Oktober beobachtete Temperatur dieses Monats zuzuschreiben, während die niedrigste Maximum-Temperatur bei einem Hochdruckgebiet über Nord-Europa bei nördlichen bezw. östlichen Winden eintrat.

Die grösste Wärme wurde in Hamburg von November bis Februar ausnahmslos durch ozeanische südwestliche Winde herbeigeführt; Depressionen lagen meist vom Ozean über Europa in wechselnder Erstreckung ausgebreitet, und tiefe Theilminima über der Nordsee oder dem Skagerak sorgten für kräftigen Lufttransport. Noch im März und April begegnen wir an den Tagen grösster Wärme meist dieser Wetterlage, ausgenommen am 25. März 1896 und 21. April 1900, denjenigen Tagen, an denen die absoluten Maxima dieser Monate auftraten; der erste Tag bot bereits den Sommertypus eines warmen Tages mit südöstlichen Winden und an dem zweiten trat die Wärme bei sehr gleichmässiger Luftdruck-Vertheilung und leichten veränderlichen Winden, ebenfalls kontinentalen Ursprungs, auf. In den Monaten Mai bis September herrschte die grösste Wärme ausnahmslos bei östlichen bis südöstlichen Winden und der Lage höchsten Druckes über dem Osten des Erdtheils. Im Oktober finden wir die grösste Wärme in Hamburg wieder bei ozeanischen Winden, ausgenommen am 16. Oktober 1896, der hohe Temperatur bei Winden aus SE—E brachte; aus einem Hochdruckgebiet über Osteuropa wehte an diesem Tage Luft nach einem von Süddeutschland nach Nordfrankreich reichenden tiefen Minimum, und es trat zwischen diesen Druckgebieten ein isolirtes Wärmegebiet auf, das wohl auf dynamische Erwärmung zurückzuführen sein dürfte.

Fassen wir das Resultat zusammen, so finden wir, dass für die grösste Kälte, mit November beginnend, einander folgen: 5 Monate mit E—SE-Wind, 1 Uebergangsmonat mit N—NE, 4 Monate mit NW—W und 2 Uebergangsmonate mit N—NE, und dass ganz entsprechend für die grösste Wärme, mit Mai beginnend, aufeinander folgen: 5 Monate mit E—SE, 1 Uebergangsmonat, 4 Monate mit SW und 2 Uebergangsmonate, mit dem Unterschiede, dass die für die wärmsten Tage hervortretenden Uebergangsmonate in geringerem Grade eigenartige Wettertypen aufweisen als dies für die kalte Witterung der Fall ist. Die grösste Kälte des Winters und die grösste Sommerwärme treten in Hamburg bei denselben Winden, bei E—SE, auf, während die niedrigste Temperatur der warmen Jahreszeit bei NW und die höchste des Winters bei SW auftreten; erstere Regel gilt für 5, die letztere für 4 Monate des Jahres.

Gegen die hier geübte Zusammenfassung der Tage, an denen einerseits die absoluten Monats-Temperatur-Extreme und andererseits die niedrigsten Maximum-Temperaturen und die höchsten Minima beobachtet worden sind, dürfte das Bedenken geltend gemacht werden, dass diese verschiedenartigen Extreme zum Thei besondere Bedingungen fordern. In der That verlangen die beiderartigen absoluten Extreme klares Wetter die höchsten Minima aber und ebenso die niedrigsten Maxima trübes Wetter, bei, kurz gesagt, warme bezw. kalter Wetterlage. Es fielen auch die absoluten Minima für die Monate April, Juni bis August und

Digitized by Google

Oktober, wie die absoluten Maxima für die Monate Januar, März, April und Juni bis August nicht zusammen mit Tagen niedrigster Maximum- bezw. höchster Minimum-Temperaturen. Es zeigten indessen die entsprechenden Wetterlagen keinen Unterschied, ausgenommen in dem angeführten Falle für März und April, wo die absoluten Maxima bei inländischen Winden, die höchsten Minimum-Temperaturen aber bei ozeanischen Winden auftraten.

Wenn somit den Wetterlagen, die die hohen bezw. niedrigen Werthe der beiderlei Extrem-Temperaturen herbeiführen, im allgemeinen keine Verschiedenheit zukommt, und somit die maassgebenden Unterschiede der Bewölkung hier nicht bestimmend für die Wetterlage auftreten, so dürfte doch den Tagen mit hohen Minimum-Temperaturen während der Sommermonate als charakteristisch eine besonders grosse Neigung zu Gewittern anhaften, wie im vorliegenden Falle für Juni bis September an allen 6 herangezogenen Fällen hoher Minimum-Temperatur Gewittererscheinungen beobachtet wurden (bei leichten Winden aus E—SE). Warme Luft am Erdboden, schwache Luftbewegung und bewölkter Himmel sind die Bedingungen, die nach den Darlegungen des Verfassers („Giebt es Kältegewitter?“ in „Das Wetter“, V. Jahrgang, 1888) unsere Nachtgewitter im Sommer hervorzurufen vermögen, indem die Abkühlung der Wolkenschicht durch Ausstrahlung nach dem Weltenraum thermische Gegensätze schafft und ähnliche Ursache von „Kältegewittern“ wird, wie am Tage andererseits die Erwärmung des Erdbodens durch die Sonnenstrahlung unsere Wärmegewitter zur Folge hat.

§ 8. Die äquivalenten Maximum- und Minimum-Temperaturen. Die mediären Werthe der monatlichen Temperatur-Extreme.

Stellt man die Frage, wie diejenigen „warmen Tage“ zu definiren sein würden, die als Gegensatz zu den Frosttagen, deren Minimum-Temperatur nach der Definition unter Null liegen muss, gelten sollen, so muss die Definition für solche Tage offenbar eine untere Grenze für die Maxima vorschreiben und diese festzusetzende Maximum-Temperatur muss so gewählt werden, dass sie in dem ganzen jährlichen Temperaturbereich der Maximum-Temperaturen die gleiche Stellung einnimmt, wie der Nullpunkt in dem der Minimum-Temperaturen; beide Temperaturen müssen von den entgegengesetzten und ebenso den einander zugekehrten Enden dieser Temperatur-Intervalle gleich weit abstehen, was dadurch erzielt werden kann, dass man die gleichen Häufigkeitszahlen für die mehr extremen Werthe bei den Temperatur-Reihen in der Definition fordert. Nennen wir allgemein solche Maximum- und Minimum-Temperaturen, für die die gleiche Anzahl höherer Maxima und niedrigerer Minima in einem bestimmten Zeitraume beobachtet worden sind, einander zugeordnete oder kurz äquivalente Extrem-Temperaturen des Zeitraumes, so müssen, kurz ausgedrückt, der Nullpunkt und die als untere Grenze der Maximum-Temperatur an warmen Tagen von der Definition bestimmte Temperatur, sich als äquivalente Extrem-Temperaturen für das Jahr darstellen und die entsprechende Forderung ist von der Definition der Eistage und der diesen gegenüberstehenden warmen Nächte zu erheben.

Den Sommertagen würden dann noch „Eisnächte“ gegenüber zu stellen sein, deren höchste Minimum-Temperatur der Maximum-Temperatur von 25° äquivalent sein müsste.

Legt man die in der Anhangstabelle gegebenen Zahlen für Hamburg zu Grunde, so liefert diese Definition der thermisch besonders charakterisirten Tage unter der vereinfachenden Annahme gleichmässiger Häufigkeitsänderung von einem Intervall zum anderen, also bei linearer Interpolation, folgende Definitionen dieser Tage für Hamburg:

Eistage	Warme Nächte
Max. < 0	Min. > 14.7
Warme Tage	**Frosttage**
Max. > 18.6	Min. < 0
Sommertage	**Eisnächte**
Max. > 25	Min. < -7.3

Da jedoch die Auszählung der Temperatur-Extreme erst im späteren Verlaufe dieser Untersuchung ausgeführt wurde, so sind den „warmen Nächten“ und „warmen Tagen“ nicht diese Grenzwerthe für die betreffenden Extrem-Temperaturen, sondern solche Werthe zu Grunde gelegt, die allein auf Grund von Schätzung gewählt wurden, um die gleiche Häufigkeit des Jahres-Vorkommens für die „warmen Nächte“ und

Digitized by Google

Eistage wie für die Frosttage und „warmen Tage“ herbeizuführen. Es wurde in solcher Weise, wie angeführt, für die warmen Nächte die Definition, Minimum $> 15°$ (statt 14.7), und für die warmen Tage die Forderung, Maximum ≥ 20.0 (statt > 18.7), aufgestellt. Von einem Auszählen und Diskutiren der Eisnächte wurde abgesehen.

Bei steigender Minimum-Temperatur sinkt die äquivalente Maximum-Temperatur und es muss bei einem bestimmten Punkt der Temperaturskala ein Zusammenfallen der äquivalenten Extrem-Temperaturen stattfinden. Diese Temperatur, die wir kurz als Aequivalenz-Zentralwerth*) der Extrem-Temperaturen bezeichnen wollen, ist offenbar dadurch charakteristisch, dass gleich viele Beobachtungen von niedrigeren Maximum- und von höheren Minimum-Temperaturen und umgekehrt zu beiden Seiten liegen.

Bezeichnet man weiter diejenigen Maximum- und Minimum-Temperaturen, die dadurch charakteristisch sind, dass die beobachteten Maximum- bezw. Minimum-Temperaturen während des Zeitraumes (Monat oder Jahr) gleich häufig darüber wie darunter lagen, als die Mediären Maximum- und Minimum-Temperaturen, so werden diese, ähnlich wie die Scheitelwerthe, in ihrer Lage gegen die mittleren täglichen Extrem-Temperaturen bestimmte klare Gesetzmässigkeiten zeigen müssen.

Tab. V**) enthält die für die Minimum-Temperaturen, von 5 zu 5° fortschreitend, mittels der Tabelle des Anhangs berechneten äquivalenten Maximum-Temperaturen, die Aequivalenz-Zentralwerthe der Extrem-Temperaturen, die mediären Extrem-Temperaturen, sowie zum Vergleich die mittleren täglichen Maxima und Minima der Temperatur, wie die wahren Mittel-Temperaturen — durchweg für die Monate und das Jahr. Die Bedeutung der bei den mediären Extrem-Temperaturen der Tabelle auftretenden Indices + und — erklärt sich dadurch, dass die Extrem-Temperaturen auf Zehntelgrad abgelesen wurden und somit durch diese Indices kurz angedeutet werden kann, welche der beobachteten Temperaturen über und welche unter den den mediären Werthen zu liegen kommen.

Die mitgetheilten Werthe der äquivalenten Extrem-Temperaturen lassen viele interessante Beziehungen sofort klar hervortreten; während beispielsweise sich die obere Grenze der Minima um 5° von 10° bis 15° hebt, sinkt die entsprechende untere Grenze der Maxima im Mai um 4°3, im Juni um 6°8, im Juli um 9°1, im August um 7°4 und im September um 5°1. Vergleicht man die Werthe der Aequivalenz-Zentralwerthe der Extrem-Temperaturen mit den wahren Temperatur-Mitteln, so findet man diese beiderartigen Werthe im März und September zusammenfallend, während die Mittel-Temperaturen von April bis August grösser und von Oktober bis Februar kleiner als die Aequivalenz-Zentralwerthe sind; die grössten positiven Abweichungen im Betrage von etwa $^1/_2°$ treten im April bis Juni, die grösste negative, —0°8, im Januar auf, und im Jahre überwiegt die wahre Mittel-Temperatur um 0°1.

Die Tabelle zeigt weiter, dass die Zahl der weniger extremen Extrem-Temperaturen jenseits der Aequivalenz-Zentralwerthe in Prozenten aller Beobachtungen von Dezember/Januar bis August von 34% bis 11% absteigt; für Juni bis September liegt dieser Prozentwerth zwischen 11—13%, für Dezember bis Februar zwischen 31—34%, sodass hier ein sehr erheblicher Unterschied zwischen der warmen und kalten Jahreszeit besteht.

Der Vergleich der mediären Maxima und Minima mit den mittleren täglichen Extremen lehrt für die Werthe des Jahres volle Uebereinstimmung. Das mediäre Maximum überwiegt meist im Winter, während ihm in der warmen Jahreszeit, besonders von Juli bis September (um 0°4) kleinere Beträge als dem mittleren täglichen Maximum zukommen; das mediäre Minimum zeigt in den warmen Monaten wenig Abweichung oder kleinere Werthe im Vergleich mit dem mittleren täglichen Minimum, während dieses von Dezember bis Februar erheblich kleiner als das intermediäre Medium ist, nämlich um Beträge von 0°8, 1°1 und 0°5. Diese Erscheinung ist die gleiche wie die oben besprochene Verschiebung der Scheitelwerthe gegen die mittleren täglichen Maxima und Minima.

Der Tab. V entnehmen wir noch, welche Minimum-Temperaturen solchen der Maxima von —0°1 und 24°9 äquivalent sind. Tage, an denen die höchste Temperatur 25° und darüber erreicht, sind demnach in den einzelnen Monaten ebenso häufig wie solche, an denen die Temperatur der Nacht im Mai unter 1°4, Juni 8°2, Juli 10°7, August 10°0 und im September unter 4°3 bleibt.

*) Die Kürze der Ausdrucksweise forderte hier die Einführung einiger Bezeichnungen, auf die natürlich kein Gewicht gelegt wird. **) In Tab. V kann durchweg auch gleichzeitig Min. $>$ und Max. $<$ gesetzt werden, wobei jedoch die den Maxima bezw. den Minima entsprechenden Temperaturen um 0.1 zu erhöhen bezw. zu erniedrigen sind.

Digitized by Google

Tab. V.

A. Aequivalente Temperatur-Extreme.

Min. <	Maximum >												
	Januar	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	August	Septbr.	Oktbr.	Novbr.	Dezbr.	Jahr
−15	9.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10.4	29.5
−10	6.8	10.6	17.4	—	—	—	—	—	—	—	14.9	9.4	26.7
− 5	4.2	7.4	11.4	—	—	—	—	—	—	—	12.7	7.0	23.3
0	0.6	2.1	6.8	16.7	29.4	—	—	—	—	18.4	8.8	3.1	18.6
+ 5	−7.9	−3.4	−0.3	8.7	19.4	—	—	—	23.8	12.8	4.0	− 3.0	11.9
+10	—	—	−5.6	3.3	12.4	21.9	27.1	24.9	17.3	7.7	−2.4	−12.1	6.2
+15	—	—	—	—	8.1	15.1	18.0	17.5	12.2	—	—	—	− 0.4
+20	—	—	—	—	5.9	10.9	13.4	13.9	—	—	—	—	−10.6
Max. >	**Minimum <**												
− 0.1	0.5	2.0	4.8	13.0	—	—	—	—	—	15.0	8.4	3.3	14.8
24.9	—	—	—	—	1.4	8.2	10.7	10.0	4.3	—	—	—	− 7.3

B. Aequivalenz-Zentralwerthe der Extrem-Temperaturen.

—	0.2	1.0	2.9	6.6	11.2	15.1	16.6	16.3	13.6	8.8	4.6	1.3	8.1

C. Prozent. Vorkommen von wen. extr. Temperatur-Extremen jenseits der Aequivalenz-Zentralwerthe.

—	33	31	23	16	16	13	12	11	13	24	29	34	38

D. Mediäre und mittlere tägliche Extreme nebst wahrer Mittel-Temperatur.

Mediäres Max.	1.8$_-$	2.8$_-$	6.0$_-$	10.7$_-$	15.4$_-$	19.5$_-$	20.1$_-$	19.7$_-$	16.6$_-$	11.3$_-$	6.6$_-$	3.1$_-$	11.3$_-$
Mittl. tägl. Max.	1.5	3.1	5.8	10.9	15.8	19.6	20.5	20.1	17.0	11.3	6.4	2.9	11.3
Mediäres Min.	−1.4$_+$	−0.7$_+$	0.5$_+$	3.6$_+$	7.7$_+$	11.4$_+$	13.2$_+$	13.1$_+$	10.6$_+$	6.5$_+$	2.3$_+$	0.0$_+$	5.4$_+$
Mittleres Min.	−2.5	−1.2	0.2	3.7	7.7	11.6	13.5	13.2	10.5	6.4	2.2	−0.8	5.4
Wahre Mittel-Temper.	−0.6	0.9	2.9	7.2	11.8	15.5	16.8	16.5	13.6	8.7	4.2	1.0	8.2

Wenngleich sämtliche mittels der Tabelle des Anhangs berechneten Werthe, die in Tab. V auftreten, unter der vereinfachenden Annahme linearer Aenderung der Häufigkeitszahlen der Anhangs-Tabelle von einem Gradintervall zum folgenden abgeleitet wurden, so dürften die zur Sprache gebrachten Verhältnisse, die in Tab. V hervortreten, bei genauer Rechnungsweise keine erhebliche Aenderung erfahren haben. Angesichts des weit erheblicheren Mehraufwands von Arbeit erschien es daher nicht erforderlich, über jene einfachste Annahme als Grundlage der Rechnungsweise hinauszugehen.

§ 9. Die Vertheilung der Eis-, Frost- und Sommertage, sowie der warmen Tage und Nächte auf die Monate und Jahre des Zeitraumes 1876—1900.

Tab. VI giebt die Vertheilung der Frosttage (Min. < 0) und der warmen Tage (Max. > 20) auf die einzelnen Monate des Zeitraumes und das Vorkommen dieser sämtlichen in thermischer Beziehung charakteristischen Tage in den einzelnen Jahren, sowie für die Frost- und die Eistage deren Häufigkeit in den einzelnen Wintern, mit dem Winter 1876/77 beginnend. Tab. VII zeigt die Vertheilung auf die Monate im ganzen. Hiernach waren die Monate Juni bis September in Hamburg frostfrei und warme Tage kamen von November bis März nicht vor; warme Nächte und Sommertage traten nur von Mai bis September, Eistage von November bis März ein. Während der Oktober nur vereinzelte Frosttage und höchstens 4 aufwies, blieb nur ein November-Monat (1883) ganz frei von Frost und der Dezember bis März hatten durchweg Frost zu verzeichnen, wenn auch bereits im März die Jahre 1882 und 1894 nur einen Frosttag hatten. Die mittlere Zahl der Frosttage im Monat stieg von Oktober bis Dezember gleichmässig an und zeigte von Dezember bis Februar, bis auf einen geringen Ueberschuss im Januar, nahezu die gleiche Häufigkeit, der Hälfte aller

Digitized by Google

Tab. VI.

Jahr	Zahl der Frosttage Minimum $< 0°$									Eistage im Winter	Zahl der warmen Tage Maximum $\geq 20°$							Häufigkeit im Jahre				
	Januar	Februar	März	April	Mai	Oktober	Novbr.	Dezemb.	Winter		April	Mai	Juni	Juli	August	Septbr.	Oktober	Frosttage Min. < 0	Warme Tage Max. ≥ 20	Eistage Max. < 0	Sommertage Max. ≥ 25	Warme Nächte Min. > 15
1876	25	18	10	1	0	2	14	11	78	17	0	0	17	20	20	2	4	81	63	27	11	17
77	17	12	14	5	3	1	2	17	59	4	0	2	23	21	18	2	0	71	66	8	12	21
78	15	9	13	2	0	0	14	21	108	37	0	7	15	10	24	11	1	74	68	8	10	17
79	28	21	20	4	0	2	17	29	101	36	0	4	14	9	17	6	0	121	50	54	4	18
80	20	16	16	1	0	3	9	9	99	35	1	3	16	23	24	8	0	74	75	15	6	27
81	24	25	18	11	0	4	4	12	47	5	0	7	16	21	9	0	0	98	53	34	14	18
82	13	11	1	2	0	0	7	23	93	32	1	10	12	24	9	9	0	57	65	11	11	20
83	22	8	29	4	0	0	0	10	33	6	0	10	17	15	11	7	0	73	60	29	16	20
84	5	8	5	5	0	0	15	10	69	20	0	9	3	20	23	14	0	48	69	8	11	26
85	26	8	9	1	0	0	17	15	102	45	2	3	17	21	6	3	0	76	52	18	13	20
86	22	28	20	0	0	1	2	16	80	24	0	8	10	13	16	13	1	89	61	45	18	27
87	24	18	15	4	0	3	4	15	98	45	1	1	15	20	12	4	0	83	53	29	12	18
88	20	25	20	11	0	2	10	8	83	32	0	4	12	7	8	0	0	96	31	39	9	16
89	25	21	16	1	0	1	7	19	68	23	1	22	27	13	10	3	0	90	76	37	10	24
90	6	28	7	0	0	2	6	31	92	40	0	13	4	9	16	4	0	80	46	36	1	16
91	23	16	10	4	0	2	7	11	77	30	0	6	11	15	3	7	1	73	43	25	5	19
92	21	12	19	4	1	1	13	22	81	38	0	8	8	10	16	3	0	93	45	34	16	23
93	26	10	7	2	0	0	11	9	50	13	0	7	14	18	16	1	1	65	57	29	13	29
94	18	11	1	0	0	0	4	11	83	33	2	3	6	19	5	0	0	45	35	12	10	21
95	26	28	12	2	0	0	10	18	69	15	1	6	15	16	18	14	2	96	72	41	13	28
96	21	15	5	0	0	0	15	17	80	40	0	1	18	17	4	1	1	73	42	16	15	29
97	27	16	2	3	0	1	9	7	41	1	2	4	18	10	23	3	0	65	60	32	13	32
98	7	7	9	1	0	2	2	6	51	9	0	1	10	4	19	9	0	34	43	0	11	22
99	12	16	11	2	0	0	1	23	77	24	0	4	12	22	18	3	0	65	59	20	11	25
1900	14	17	18	4	0	0	2	6	66	30	1	5	11	20	14	5	1	61	57	14	19	25
Jahr	487	404	307	74	4	27	202	376	1885	634	12	148	341	397	359	132	12	1881	1401	621	284	558
Im Mittel	19.5	16.2	12.3	3.0	0.2	1.1	8.1	15.0	75.4	25.4	0.5	5.9	13.6	15.9	14.4	5.3	0.5	75.2	56.0	24.8	11.4	22.3

Tage nahe entsprechend; nach einer kleinen Abnahme, um ca. 4 Frosttage im Mittel, sinkt deren Zahl zum April hin schnell von ca. 12 Tagen auf 3 und die beobachteten 4 Frosttage im Mai — gegenüber 27 Tagen des Zeitraumes im Oktober — gehören zu den seltenen meteorologischen Erscheinungen in Hamburg. Dem Dezember—Februar entsprechend, weisen die warmen Tage von Juni—August nahezu übereinstimmende Maxima, mit grösster Häufigkeit im Juli, auf, doch vollziehen sich der Aufstieg zum Maximum und der Abfall, von April bis Juni bezw. August bis Oktober, vollkommen symmetrisch, während die Zahl der Frosttage den Abfall vom Maximum ungleich stärker als den Aufstieg hervortreten lässt; April und Oktober, wie Mai und September haben nahezu die gleiche Häufigkeit von warmen Tagen aufzuweisen.

Wenngleich wir im Auge zu halten haben, dass es sich im ganzen um 1881 Frosttage gegenüber nur 1401 warmen Tagen handelt, so zeigt die Vertheilung auf die einzelnen Jahre doch, wie erheblich ungleichmässiger die Frosttage als die warmen Tage vertheilt sind; die Zahl der Frosttage schwankte in den Jahren zwischen 34 und 121, in den Wintern zwischen 33 und 108, während die Zahl der warmen Tage zwischen 31 und 76 im Jahre lag. Einmal erhöht jeder Frosttag die Grundbedingungen für einen nachfolgenden Frosttag in höherem Maasse als dies von den warmen Tagen gilt, und insbesondere hängt der Frosttag durchschnittlich wesentlicher mit den meteorologischen Verhältnissen der weiteren Umgebung zusammen als der warme Tag, dem im allgemeinen eine mehr lokale Bedeutung zukommt. Es prägt sich aber hier auch der Einfluss der grösseren Veränderlichkeit der Wetterlage der wärmeren Jahreszeit aus, da wir weiterhin darlegen werden, welche hohe Bedeutung die Fortdauer gleicher Wetterlagen für die Erzielung besonders

Digitized by Google

Tab. VII.

Vertheilung auf die Monate 1876—1900.

Monat	Warme Tage	Warme Nächte	Somm.-Tage	Monat	Frost-Tage	Eis-Tage
April	12	—	—	Oktober . .	27	—
Mai	148	18	26	November .	202	32
Juni	341	104	80	Dezember .	376	126
Juli	**397**	**215**	**98**	Januar . . .	**487**	**240**
August . .	359	183	66	Februar . . .	404	148
September .	132	38	14	März	307	75
Oktober . .	12	—	—	April	74	—
				Mai	4	—
Jahr	1401	558	284	Jahr	1881	621

extremer Temperaturen besitzt. Denselben charakteristischen Unterschied zeigt das Jahres-Vorkommen der an Zahl nahezu gleichen Eistage und warmen Nächte, indem jene an Zahl in den einzelnen Jahren zwischen 0 (1898) und 54 (1879), diese aber nur zwischen 16 und 32, schwankten. Die grösste Häufigkeit der Frost- und Eistage, wie andererseits der warmen Tage und Nächte und der Sommertage fällt naturgemäss in den kältesten und den wärmsten Monat, Januar und Juli.

§ 10. Die Vertheilung der thermisch charakteristischen Tage auf Perioden, grösste Länge und mittlere Dauer sowie mittlere Extrem-Temperatur der Perioden.

Da einerseits die Vertheilung der verschiedenen, in thermischer Beziehung charakteristischen Tage auf Perioden bestimmter Dauer an sich Interesse verdient, und andererseits die dabei auftretenden Verschieden-

Tab. VIII.

Monat	Häufigkeit der Perioden mit Frosttagen von bestimmt. Länge in Tag. Dauer in Tagen					Dauer in Tagen		Mittlere Minimum-Temperatur der Perioden				
	1	1—2	3—5	6—10	>10	Max.	Mittel	1—2	3—5	6—10	>10	im ganzen
Oktober . . .	10	15	2	0	0	4	1.6	—0.72	—0.59	--	—	—0.68
November .	18	34	19	6	2	12	3.1	—1.10	—2.18	—3.33	—4.44	—2.45
Dezember .	19	34	20	10	9	49	5.3	—1.44	—2.46	—3.78	—6.26	—4.36
Januar	18	31	12	11	17	33	6.5	—1.18	—2.13	—3.64	—5.64	—4.50
Februar . . .	13	28	20	5	15	39	6.8	—1.33	—2.60	—3.23	—4.88	—4.05
März	26	36	15	10	6	20	4.1	—1.15	—2.08	—3.09	—4.30	—3.00
April	16	21	6	2	1	12	2.4	—0.73	—1.98	—1.76	—1.60	—1.42
Mai	1	1	1	0	0	3	2.0	—0.20	—0.70	—	—	—0.58
Jahr	121	200	95	44	50	49	4.8	—1.15	—2.25	—3.38	—5.28	—3.75

Monat	Häufigkeit der Perioden mit warmen Tagen Dauer in Tagen					Dauer in Tagen		Mittlere Maximum-Temperatur der Perioden				
	1	1—2	3—5	6—10	>10	Max.	Mittel	1—2	3—5	6—10	>10	im ganzen
April	8	10	0	0	0	2	1.2	20.51	—	—	—	20.51
Mai	25	36	14	5	1	22	2.8	21.92	22.94	23.40	23.83	22.97
Juni	38	53	27	15	4	13	3.4	21.69	23.06	23.42	23.93	23.02
Juli	25	46	24	15	9	19	4.1	21.38	22.95	23.56	24.32	23.30
August . . .	26	34	26	14	8	27	4.5	21.72	22.10	23.15	23.98	22.97
September .	19	34	9	5	1	13	2.6	21.16	22.18	22.59	25.22	22.21
Oktober . . .	8	9	0	0	0	2	1.2	21.06	—	—	—	21.06
Jahr	149	222	100	54	23	27	3.5	21.51	22.69	23.30	24.19	22.97

Digitized by Google

heiten der Anordnung zu Perioden zur Klarlegung der bestehenden typischen Verschiedenheiten von neuen Gesichtspunkten aus Gelegenheit bieten, so wurden die fünf verschiedenen durch Maximum und Minimum charakterisirten Tage nach der Dauer ihres Auftretens in Perioden von bestimmter Länge zusammengefasst. In Fällen, wo eine Periode in den folgenden Monat hinüberreichte, wurde sie bei verschiedener Erstreckung in beiden Monaten dem stärker betheiligten Monat zugerechnet, während bei gleicher Erstreckung über benachbarte Monate die Periode im Winter bezw. dem Sommer dem dem Januar bezw. dem Juli näheren Monate als dem durchschnittlich kälteren bezw. dem wärmeren, zugezählt wurde.

Tab. VIII giebt die Vertheilung der Perioden mit Frosttagen und warmen Tage von 1, 1—2, 3—5, 6—10 und mehr als 10 Tage Dauer, die grösste Länge einer Periode und die mittlere Minimum- bezw. Maximum-Temperatur, die diesen Perioden von 1—2, 3—5, 6—10 sowie von mehr als 10 Tage Dauer zugekommen ist. Die verschiedene Gesamt-Häufigkeit, 1881 Frosttage gegen 1401 warme Tage, erschwert den Vergleich, aber immerhin fallen die grossen Gegensätze auf: bei den Tagen mit Frost 50 Perioden von mehr als 10 Tage Dauer, gegen deren 23 der warmen Tage, dort längste Periode von 49 Tage Dauer gegen 27 Tage Dauer für die warmen Tage, dort mittlere Länge der Periode 4.8, hier 3.5 Tage. Sehr charakteristisch ist auch die Tabelle der den Gruppen zukommenden mittleren Extrem-Temperaturen. Mit der Länge der Periode steigt der Frost und ebenso die Maximum-Temperatur, die Minimum-Temperatur aber sinkt ungleich schneller. Hohe Grade von Kälte und Wärme entstehen eben im allgemeinen nicht plötzlich, sondern erscheinen im Gefolge lang anhaltender, solchen Extremen günstigen Wetterlagen, die eine allmähliche Zunahme der Kälte bezw. der Wärme herbeiführen.

In Tab. IX findet sich die Vertheilung der Eistage, warmen Nächte und Sommertage auf Perioden, nebst deren grösster Länge und mittleren Dauer. Der Vergleich der Eistage und der warmen Nächte, die nahezu gleich häufig vorkamen, zeigt gleichartige Unterschiede, wie die Frosttage und die warmen Tage: die längste Periode bei den Eistagen 20 und 17 gegen 10 und 9 bei den warmen Nächten, dort die mittlere Dauer von 3.2 gegen nur 2.1 Tage bei den warmen Nächten. Die grösste Länge der Perioden mit Sommertagen endlich finden wir in Tab. IX gleich 7 Tagen und eine mittlere Länge der Perioden von 1.9 Tagen, die also von der der warmen Nächte nur wenig abweicht.

Tab. IX.

Monat	Häufigkeit der Perioden mit Eistagen					Dauer in Tagen		Monat	Häufigkeit d. Perioden mit warmen Nächten				Dauer in Tagen		Monat	Häufigkeit d. Perioden mit Sommertagen				Dauer in Tagen	
	Dauer in Tagen								Dauer in Tagen							Dauer in Tagen					
	1	1—2	3—5	6–10	>10	Max	Mittel		1	1—2	3—5	6–10	Max.	Mittel		1	1—2	3—5	6–10	Max.	Mittel
Novbr.	10	15	3	1	0	7	1.9	Mai ...	5	7	2	0	4	1.8	Mai ...	10	14	2	0	4	1.6
Dezbr.	16	26	11	3	2	9	2.9	Juni ...	25	42	8	1	10	1.9	Juni ...	20	32	9	0	5	1.9
Januar	19	29	15	15	2	20	4.0	Juli ...	41	62	25	8	9	2.4	Juli ...	27	42	11	1	7	1.9
Februar	23	33	7	4	3	17	3.0	August	48	63	20	4	10	2.0	August	19	21	11	1	6	2.1
März ...	9	12	10	2	1	11	3.2	Septbr.	18	21	4	0	5	1.6	Septbr.	4	6	1	0	3	1.6
Jahr ...	77	115	46	25	8	20	3.2	Jahr ...	137	195	59	13	10	2.1	Jahr ...	80	115	34	2	7	1.9

Tab. X zeigt die Vertheilung der Anzahl der fünferlei Tage auf die Perioden verschiedener Länge. Von den Frosttagen fallen 48% auf Perioden von mehr als 10 Tage Dauer, also fast die Hälfte! Von den nur 621 Eistagen fallen 30% auf Perioden von 6—10 Tage Dauer und nur mit ungefähr ebensoviel Prozent sind die 1401 warmen Tage an Perioden der gleichen Dauer betheiligt. Ferner finden wir 18% der Eistage bei den Perioden von mehr als 10 Tage Dauer, während die nahezu gleich häufigen warmen Nächte derartige Perioden überhaupt nicht aufweisen und mit 45% ihres Vorkommens an den Perioden von 1—2 Tage Dauer betheiligt sind, auf die bei den Eistagen nur 25% der Tage fallen. Jedenfalls spricht sich auch hier die ungleich grössere Neigung der kalten Tage, in längeren Perioden aufzutreten, gegenüber den warmen Tagen in hohem Grade aus.

Die Daten der längsten in Hamburg während 1876—1900 beobachteten Perioden von Frost-, Eis- und Sommertagen sind in Tab. XI nebst den Mitteln der ihnen zukommenden Extrem-Temperaturen zusammengestellt. Bei weitem die längste Frostperiode trat hiernach am 25. November 1890 ein, indem 49 Frosttage aufeinander folgten und nach einer Unterbrechung von 1 Tag noch weitere 11 Frosttage folgten. Die längste

Digitized by Google

Tab. X.

Prozentische Vertheilung auf die Perioden von *n* Tage Dauer.

(*n*)	Frost-tage (1881)	Warme Tage (1401)	Eis-tage (621)	Warme Nächte (558)	Sommer-tage (284)
1— 2	15	21	25	**45**	**53**
3— 5	19	27	27	37	42
6—10	18	**29**	**30**	18	5
> 10	**48**	24	18	0	0
Längste Periode	49	27	20	10	7
Mttl. Dauer d. Perioden	4.8	3.5	3.2	2.1	1.9

Periode mit Eistagen begann am 31. Dezember 1892 und es folgten nach einer eintägigen Unterbrechung noch 3 Eistage; diese Periode war nur 2 Tage länger als die am 31. Dezember 1900 einsetzende, 20 gegen 18 Tage, aber die mittlere Temperatur der Maxima betrug im ersteren Falle —6°1 gegen nur —3°9 während der jüngsten Periode von Eistagen. Die längste Periode von Sommertagen trat am 28. Juni 1883 ein und zeichnete sich nicht allein durch ihre Länge, sondern in noch höherem Grade durch ihre ausserordentliche Wärme aus, indem die mittlere Maximum-Temperatur dieser Tage 29°6 Tage betrug, um mehr als 2° mehr als die Durchschnitts-Maximaltemperatur der übrigen langen Perioden von Sommertagen. Hervorgehoben zu werden verdient, dass die in der Tab. XI hervortretende grosse Uebereinstimmung dieser mittleren Maximum-Temperatur für die Perioden von 5—6 Sommertagen, zumal wenn man sie mit den entsprechenden Verhältnissen bei den Frost- und Eistagen vergleicht, keine zufällige ist, sondern ihre Erklärung in den physikalischen Bedingungen findet, die für das Zustandekommen hoher Temperaturen maassgebend sind und die wesentlich von denjenigen Bedingungen abweichen, denen die Entstehung und Fortdauer niedriger Frost-Temperaturen unterliegen.

Tab. XI. **Die längsten Perioden mit Frosttagen, Eistagen und Sommertagen.**

Frosttage (länger als 30 Tage)

Dauer (Tage)	Beginn Tg./Mt.	Beginn Jahr	Mittl. Min.
33	23./12	92	—9.2
34[1])	30./1	86	—4.7
36	24./11	79	—6.9
36	30./1	90	—3.8
39[2])	22./1	95	—7.4
49[3])	25./11	90	—7.1

[1]) dann nach 1 Tag Unterbr. noch 16 Frostt. (—4.8) *)
[2]) « « 1 « « « 8 « (—7.0) *)
[3]) « « 1 « « « 11 « (—7.0) *)

*) mittl. Min. der 50, 47 bezw. 60 Frosttage.

Eistage (länger als 10 Tage)

Dauer (Tage)	Beginn Tg./Mt.	Beginn Jahr	Mittl. Max.
11	30./11	79	—5.5
11	24./2	89	—1.6
11	30./1	97	—2.6
13[1])	22./12	90	—4.8
13	4./2	95	—6.7
17	11./1	81	—5.8
17	15./2	86	—2.2
18	31./12	1900	—3.9
20[2])	31./12	92	—6.1

[1]) Nach 1 Tage Unterbr. folgten noch 6 Eistage.
[2]) « 1 « « « 3 «

Sommertage (länger als 4 Tage)

Dauer (Tage)	Beginn Tg./Mt.	Beginn Jahr	Mittl. Max.
5	24./6	78	26.9
5	2./7	84	26.9
5	23./6	88	26.5
5	16./8	1900	27.3
6	29./8	86	27.4
7	28./6	83	29.6

§ 11. Die wirkliche Vertheilung der thermisch charakteristischen Tage im Vergleich mit derjenigen, die der Zufall herbeiführen würde.

Berechnet man auf Grund der vorhandenen Perioden die Wahrscheinlichkeit dafür, dass auf einen der fünferlei thermisch charakteristischen Tage wieder ein Tag gleicher Art folge, und leitet diese Prozentwerthe andererseits auf Grund der Annahme einer rein zufälligen Vertheilung jener Tage mittels der in No. 5 dieses Bandes vom Verfasser gegebenen Formeln ab, so erhält man die in Tab. XII unter *B* bezw. *Z* gegebenen Zahlen. Die wirkliche Wahrscheinlichkeit für die Wiederkehr eines Frosttages nach einem Frosttag beträgt

Digitized by Google

hiernach für Dezember bis Februar über 80% (bei etwa 50% Frosttagen) und für die Eistage im Januar, die in diesem Monat nur halb so häufig, wie die Frosttage sind, auch 75%. Hiernach ist die Neigung, in Perioden aufzutreten, für die Eistage weit stärker, als für die Frosttage hervortretend, und dies lehren auch die der blossen zufälligen Vertheilung zu verdankenden Prozentzahlen, im Januar für die Frosttage 63% gegen 85% und für die Eistage 31% gegen 75%, sowie im Jahr für die Frosttage 31% gegen 79%, gegenüber 16% gegen 69% für die Eistage. Da sich die Eistage im allgemeinen als die Tage mit stärkerem Frost darstellen, so finden wir hier wieder die Bestätigung, dass Frostwetter sein Fortbestehen fördert, und die Zahlen der Tab. XII lassen wiederum erkennen, dass eine derartige Einwirkung auf die nachfolgenden Temperatur-Verhältnisse den durch Wärme ausgezeichneten Tagen und Nächten in weit geringerem Grade zukommt. Bei nahezu gleicher Häufigkeit der warmen Nächte und Eistage übersteigt die Wahrscheinlichkeit dafür, dass auf einen solchen wieder ein Eistag folge, in 4 Monaten 65% und erreicht 75%, während sich für die entsprechende Wahrscheinlichkeit für die warmen Nächte 58% und 51% als Höchstwerthe ergiebt. Der Vergleich der auf Zufall beruhenden Wahrscheinlichkeits-Prozente (*Z*) gegen die aus den Beobachtungen berechneten (*B*), zeigt durchweg, dass den thermisch charakteristischen Tagen eine ganz andere Anordnung, als die rein zufällige, zukommt.

Tab. XII. **Wahrscheinliche Fortdauer der thermisch charakteristischen Tage auf Grund der beobachteten Perioden und einer rein zufälligen Vertheilung.**

Monat	Frosttage			Eistage		Monat	Warme Tage			Warme Nächte		Sommertage	
	Wiederkehr nach			Wiederkehr nach			Wiederkehr nach			Wiederkehr nach		Wiederkehr nach	
	1 Tag		3 Tg.	1 Tag			1 Tag		3 Tg.	1 Nacht		1 Tag	
	Z	*B*	*B*	*Z*	*B*		*Z*	*B*	*B*	*Z*	*B*	*Z*	*B*
Oktober	3	37	4	—	—	April	1	17	—	—	—	—	—
November	27	68	32	4	49	Mai	20	64	31	2	44	3	36
Dezember	48	81	57	16	66	Juni	45	70	34	13	49	11	47
Januar	63	85	65	31	75	Juli	50	76	46	29	58	13	47
Februar	57	85	65	21	67	August	48	78	50	23	51	9	52
März	39	75	49	10	68	September	17	62	27	5	38	2	36
April	10	58	26	—	—	Oktober	1	11	—	—	—	—	—
Mai	0.3	50	0	—	—		—	—	—	—	—	—	—
Jahr	31	79	55	16	69	Jahr	26	71	41	12	52	7	47

Für die Wahrscheinlichkeit, dass nach 3 Frosttagen noch ein Frosttag und nach 3 warmen Tagen ein gleicher Tag eintrete, wurden aus den beobachteten Perioden noch die in Tab. XII gegebenen Prozentzahlen berechnet, wonach jene Wahrscheinlichkeit für Dezember bis Februar noch 57—65% beträgt, während für die warmen Tage 50% als höchster Werth im August auftritt, und diese Wahrscheinlichkeit für die übrigen Monate unter $^1/_2$ sinkt.

Berechnet man weiter diejenige Vertheilung auf Perioden, die den hier behandelten thermisch charakteristischen Tagen zukommen würde, wenn ihre Vertheilung eine rein zufällige wäre, so ergeben sich, wie zu erwarten stand und die Zahlen der Tab. XIII darthun, ganz andere Vertheilungs-Verhältnisse als die wirklich bestehenden. Die Beobachtung lehrt, dass die kurzen Periode ungleich seltener und die langen weit häufiger auftreten als dies bei zufälliger Vertheilung zu erwarten steht. Auf 100 der von der zufälligen Vertheilung geforderten einzeln auftretenden thermisch charakteristischen Tage kamen an solchen einzeln auftretenden Tagen in Wirklichkeit nur:

Eistage	Frosttage (Novbr. bis März)	Warme Tage (Juni bis Aug.)	Sommertage (Mai bis Sept.)	Warme Nächte (Juli bis Aug.)
18	19	30	33	40

Die Eistage und die Frosttage, erstere noch in etwas höherem Grade, zeigen hier die bei weitem grösste Vorliebe in Perioden aufzutreten, nächstdem folgen die warmen Tage und die Sommertage, hier

Digitized by Google

diese thermisch extremeren Tage in etwas geringerem Grade, und die am wenigsten ausgeprägte Tendenz zum Gruppenvorkommen besitzen die warmen Nächte, wenngleich die Abweichung von der zufälligen Vertheilung auch für diese noch sehr erheblich ist; auf die Eistage und Frosttage, die warmen Tage und Sommertage und die warmen Nächte kommen der Reihe nach rund nur 20, 30 und 40 Fälle einzelnen Vorkommens gegen 100, die eine rein zufällige Vertheilung herbeiführen würden.

Tab. XIII. **Die beobachtete und die rein zufällige Vertheilung auf Perioden.**

Länge der Periode in Tagen	Warme Tage				Warme Nächte				Sommertage		Frosttage		Eistage	
	Juni/August		Mai u. Septbr.		Juli/August		Mai u. Septbr.		Mai/Septbr.		Novbr./März			
	ber.	beob.	ber.	beob.	ber.	beob.	ber.	beob.	ber.	beob.	ber.	beob.	ber.	beob.
1	302	90	188	44	221	89	52	23	243	80	499	94	434	77
2	143	44	35	26	57	36	2	5	18	35	235	69	71	38
3	68	35	6	16	15	31	<0.5	(Fehlen noch 41% d. Tage)	1	19	110	40	12	25
4	32	19	1	5	4	9			<0.5	(Fehlen noch 27% d. Tage)	51	22	2	11
5	15	22	<0.5	(Fehlen noch 38% d. Tage)	1	5					24	24	<0.5	(Fehlen noch 56% d. Tage)
6	7	16			<0.5	(Fehlen noch 22% d. Tage)					11	13		
7	3	12									5	5		
8	2	4									3	13		
9	1	6									1	4		
10	<0.5	(Fehlen noch 35% d. Tage)									<0.5	(Fehlen noch 54% d. Tage)		

Die hier auftretenden Beziehungen stehen in vollem Einklang mit den vorangehenden Ergebnissen dieser Untersuchung. Es verdient darauf hingewiesen zu werden, dass eine Untersuchung der Vertheilung der Fälle des Steigens und Sinkens der Temperatur von Tag zu Tag zu ganz entgegengesetztem Resultate führt, wie in No. 5 dieses Bandes vom Verfasser dargelegt worden ist. Die interdiurnen Aenderungen der Temperatur verdanken ihr Entstehen wesentlich der mehr zufälligen interdiurnen Aenderung der Bewölkung und den hierdurch hervorgerufenen Aenderungen des Effektes der Insolation und Ausstrahlung; Aenderungen der Wetterlage beeinflussen sie auch, aber sie sind wesentlich unabhängig von der Wetterlage und der durch diese gegebenen mittleren Temperaturlage. Unsere thermisch charakteristischen Tage aber sind im Gegensatz wesentlich durch die Wetterlage bedingt; deren Erhaltungs-Tendenz, die sich in charakteristischer Weise durch die Neigung der Temperatur, längere Zeit über bezw. unter den Normalwerthen zu liegen, ausspricht, ist in gleicher Weise die Ursache für die beobachteten Abweichungen, die die thermisch charakteristischen Tage von den durch rein zufällige Vertheilung geforderten Verhältnissen zeigen.

Schlussbetrachtung.

Während die tägliche aperiodische Schwankung der Temperatur in ihrem jährlichen Gange wesentlich von dem des Sonnenstandes und in geringerem Grade von der Wetterlage abhängt und entsprechend von einem Minimum im Dezember zu einem Maximum bei höchstem Sonnenstand ansteigt, und hier nur für Mai sekundäre Einflüsse auffällig hervortreten lässt, sind die Gegensätze der Wetterlagen in erster Linie bestimmend für die Amplitude der Monatswerthe der täglichen Extrem-Temperaturen, für deren mittlere Abweichung, für die Schwankung der Temperatur-Extreme wie die absolute Temperatur-Schwankung in den Monaten. Zur Zeit der stärksten Temperatur-Gegensätze zwischen Meer und Festland und somit auch der grössten thermischen Unterschiede bei den verschiedenen Wetterlagen erreichen die genannten Grössen ihre höchsten Werthe und diese nehmen nach dem Sommer, und zum Theil bis in den Herbst hinein, ab, in dem Maasse, wie diese Gegensätze sich verringern und andererseits die steigende Sonnenhöhe in zweiter Linie die Temperatur-Unterschiede der den verschiedenen Wetterlagen zukommenden Luftströmungen herabsetzt. Bei allen genannten Grössen, soweit sie die eine oder andere Extrem-Temperatur allein betreffen, findet

Digitized by Google

sich dabei der Einfluss des Ganges der relativen Stärke der Insolation und der Ausstrahlung dadurch ausgeprägt, dass in den kältesten Monaten die den Minima entsprechenden Werthe die den Maxima zukommenden übertreffen, während für meist 9 Monate das Gegentheil stattfindet. Einen besonders unregelmässigen Gang zeigt die mittlere Monats-Amplitude der Temperatur, da deren mittleren Werthen naturgemäss die bei weitem grösste Unsicherheit anhaftet!

Die Temperatur schwankte in Hamburg zwischen —19°8 und +32°0, also um 51°8, in den Monaten November bis März, wie im Mai um 31—32°, in den übrigen Monaten um 24—27°. Die höchsten bezw. die niedrigsten Temperaturen pflegen in Hamburg während je 5 Monaten, mit Mai bezw. November beginnend, bei Winden aus E—SE, und nach einem Monat verschiedenartigen Verhaltens während der folgenden 4 Monate, also wieder mit November bezw. Mai beginnend, bei Winden aus SW bezw. NW, einzutreten. Als frühester Termin des sommerlichen Wettertypus hoher Wärme fand sich der 25. März, als spätester der 16. Oktober, und als spätester Termin extremer Kälte bei Nordwestwinden der 24. September. Die Wetterlagen zur Zeit der absoluten Extreme zeigen gegen die den höchsten Minima und den niedrigsten Maxima entsprechenden im allgemeinen keinen Unterschied, wenngleich die einen klares, die anderen trübes Wetter fordern; nur im März und April fand sich ein Gegensatz ausgesprochen, indem die absoluten Maxima dieser Monate mit den beobachteten Fällen des Sommertypus warmer Wetterlage zusammenfielen.

Während für Dezember bis Januar die Temperaturgebiete dieser Monate zu nahezu dreiviertel von den Maxima und den Minima gemeinschaftlich beherrscht werden, sinkt dieser Antheil auf ca. $^1/_3$ für Juli bis September. Mit Ausnahme einiger Wintermonate übersteigt das von den Maxima allein beherrschte Gebiet das den Minima allein zukommende; für Hamburg wie für Brüssel findet die gleichmässigste Vertheilung des Temperaturgebietes auf die Maxima und die Minima allein und beide gemeinschaftlich, im September statt.

Die Vertheilung der Extrem-Temperaturen auf die Grad-Intervalle ergab für das Jahr das Bestehen je zweier durch grösste Häufigkeit des Vorkommens ausgezeichneter Grad-Intervalle, die für die Minima wie die Maxima um 12° auseinanderlagen — also zwei Scheitelwerthe, bei $0^1/_2°$ und $12^1/_2°$ bezw. $6^1/_2°$ und $18^1/_2°$, getrennt durch ein kräftig ausgesprochenes sekundäres Minimum in ihrer Mitte, bei $6^1/_2°$ bezw. $12^1/_2°$; der erste Jahres-Scheitelwerth der Maxima fiel demnach mit dem sekundären Häufigkeits-Minimum der Minimum-Temperatur zusammen und zeigte auch fast den gleichen Betrag. Die Vertheilung auf die Monate ergab, wie zu erwarten, je einen Scheitelwerth, und für diesen die vermuthete Verschiebung gegen die mittleren täglichen Extrem-Temperaturen. Als besonders bemerkenswerth stellte sich für Dezember das Zusammenfallen der Scheitelwerthe der Maximum- und der Minimum-Temperaturen, sogar mit dem gleichen Betrage auf dasselbe Temperatur-Intervall von $+0^1/_2°$, heraus.

Als äquivalente Extrem-Temperaturen wurden zusammengehörige Werthe bezeichnet, die der Bedingung genügen, dass je gleich viel extremere (oder weniger extreme) Werthe der beiderartigen Extrem-Temperaturen beobachtet worden sind. Bei Zunahme der Minimum-Temperatur sinkt die äquivalente Maximum-Temperatur und es wurde derjenige Punkt der Temperaturskale, bei dem beide zusammenfallen, als der Aequivalenz-Zentralwerth bezeichnet; dieser fällt im März und September mit der wahren Mittel-Temperatur der Monate zusammen und liegt bei Nordstand der Sonne unter, bei Südstand über diesen Mittel-Temperaturen, doch überschritt die Abweichung nur vereinzelt $^1/_2°$. Als mediäre Maxima und Minima wurden diejenigen Extrem-Temperaturen bezeichnet, die gleich viel extremere wie weniger extreme Werthe ergaben; diese zeigen gegen die mittleren täglichen Extreme der Monate ähnliche Abweichungen wie die Scheitelwerthe der Häufigkeitskurven der Extrem-Temperaturen.

Jenseits der Aequivalenz-Zentralwerthe liegen, weniger extrem als diese, in den wärmsten Monaten nur ca. 12—13, in den kältesten dagegen ca. 33% der beiderartigen Extrem-Temperaturen, und wegen des nahen Zusammenfallens der wahren Mittel-Temperaturen mit den erstgenannten Werthen gilt diese Anordnung der Extrem-Temperaturen auch annähernd für diese Mittel-Temperaturen als Ausgangspunkt.

Durch die Forderung gleicher Häufigkeit im Jahre wurden den Frosttagen die warmen Tage, den Eistagen die warmen Nächte und den Sommertagen die Eisnächte gegenübergestellt, paarweise einfach durch die Forderung gegeben, dass die den Definitionen zu Grunde zu legenden Grenzwerthe der je zwei Extrem-Temperaturen äquivalente Extrem-Temperaturen sein müssen. Für die warmen Nächte ergab sich in solcher Weise die Bedingung, Minimum > 14.7, für die warmen Tage, Maximum > 18.6 und für Eisnächte, Minimum $< -7°3$; letztere wurden indessen nicht weiter in den Umfang der Untersuchung gezogen.

Digitized by Google

und für die in den Tabellen auftretenden warmen Tage und warmen Nächte sind die Bedingungen Max. $\geq 20°$ bezw. Min. $> 15°$ eingeführt worden, da jene genauere Ermittlung der maassgebenden Grenzwerthe der Extreme erst im späteren Verlaufe der Untersuchung erfolgt ist. Wenngleich aus diesem Grunde die Zahl der untersuchten warmen Tage kleiner als die der Frosttage ausgefallen ist, dürfte doch die hierbei erstrebte Feststellung der Unterschiede in Bezug auf das Auftreten der Frosttage und der warmen Tage im wesentlichen erreicht worden sein. Von den hier neben den althergebrachten Eis-, Frost- und Sommertagen auftretenden weiteren thermisch charakteristischen Tagen dürfte besonders den — in der einen oder anderen Weise zu definirenden — warmen Nächten eine klimatologische Bedeutung nicht minder wie jenen drei ehrwürdigen meteorologischen Veteranen zustehen, da die in solcher Weise zum Ausdruck zu bringenden hohen Nacht-Temperaturen im Leben des Menschen neben den Tages-Temperaturen wesentlich in's Gewicht fallen.

Welche Bedeutung die Erhaltungstendenz der Wetterlage für das Zustandekommen hoher Temperatur-Extreme besitzt, zeigt die Abnahme der mittleren Minimum- bezw. die Zunahme der mittleren Maximum-Temperaturen mit der Länge der Perioden von Frosttagen bezw. warmen Tagen, die besonders gross für die Frosttage ist. Für die beiderlei Tage bestehen in ihrer Vertheilung auf die einzelnen Jahre ganz erhebliche Unterschiede; schwankte doch die Zahl der Frosttage in den einzelnen Jahren zwischen 34 und 121, die der warmen Tage nur zwischen 31 und 76. Konnte dieser Unterschied zum Theil auf Rechnung der verschiedenen Häufigkeit der beiderlei Tage im Zeitraum (1881 gegen 1401) gestellt werden, so begegneten wir aber dem gleichen Gegensatz bei den an Zahl nahe gleichen Eistagen und warmen Nächten, deren Zahl in den einzelnen Jahren zwischen 0 und 54 bezw. 16 und 32 schwankte. Nicht minder charakteristisch ergiebt sich für Hamburg der Unterschied zwischen Frosttagen und warmen Tagen, wenn man ihre Vertheilung auf Perioden in's Auge fasst. Während die Frosttage 50 Perioden von mehr als 10 und bis zu 49 Tage Dauer aufweisen, treten bei den warmen Tagen nur 23 solcher Perioden von höchstens 27 Tage Dauer auf, und den Eistagen mit 33 Perioden von mehr als 5 und bis zu 20 Tage Dauer standen die an Zahl gleichen warmen Nächte mit nur 13 solcher Perioden von höchstens 10 Tage Dauer gegenüber. Berechnet man aus der gegebenen Zahl der thermisch charakteristischen Tage die Vertheilung auf Perioden, wie sie der Zufall allein herbeiführen würde, so findet man, dass auf 100 bei zufälliger Vertheilung zu erwartende einzelne solcher Tage an deren Stelle nur rund 18 Eis- und Frosttage, 30 warme und Sommertage und 40 warme Nächte kommen. Diese zeigen also die geringste Neigung zum Auftreten in Perioden, eine mittlere Stellung nehmen die hohen Tages-Temperaturen ein und die dem Zufall am meisten entgegenstehende Vertheilung zeigen die Eis- und Frosttage; charakteristisch tritt noch hervor, dass die Eistage eine grössere Erhaltungs-Tendenz als die Frosttage besitzen, während den warmen Tagen eine grössere als den thermisch extremeren Sommertagen zukommt.

Die in solcher Weise hervortretenden grossen Verschiedenheiten bei dem Vorkommen der einerseits durch Wärme und andererseits durch Kälte gekennzeichneten thermisch charakteristischen Tage ist auf das Zusammenwirken von vielen Ursachen zurückzuführen, die der Hauptsache nach im Laufe der Darstellung Hervorhebung gefunden haben dürften. Die Hauptrolle spielen dabei die grössere Beharrlichkeit der Wetterlage, verbunden mit den grösseren thermischen Gegensätzen zwischen Meer und Festland, in den Frost-Monaten, die winterliche Schneedecke, die Zunahme des Auftriebes der Luft bei der Erwärmung im Gegensatz zu deren Dichtigkeitszunahme bei der Erkaltung und hierzu dürfte für Hamburg noch als lokaler Einfluss die Nähe der Nordsee in bestimmter, durch weitere Untersuchungen festzustellender Weise modifizirend hinzutreten.

Digitized by Google

Tab. *A* (Anhang). **Vertheilung der Temperatur-Extreme in Hamburg 1876—1900 auf Grad-Intervalle.**

	Minima													Maxima											
	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
−19½	..	..	..	.	..	..	..	..	..	..	..	3	3	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
−18½	4	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	0	4	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
−17½	2	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	3	5	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
−16½	3	1	..	..	..	..	..	..	..	..	..	1	5	..	..	..	..	..	.	..	..	..	..	..	..	..
−15½	4	0	..	..	..	..	..	..	..	..	..	3	7	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
−14½	5	5	..	..	..	..	..	..	..	..	..	1	11	1	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	1
−13½	9	2	..	..	..	..	..	..	..	..	1	2	14	0	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	0
−12½	11	2	1	..	..	..	..	..	..	..	0	4	18	0	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	1	1
−11½	17	3	1	..	..	..	..	..	..	..	1	5	27	3	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	3	6
−10½	15	4	4	..	..	..	..	..	..	..	1	6	30	2	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	0	2
− 9½	18	12	8	..	..	..	..	..	..	..	0	7	45	7	..	..	..	..	..	..	..	..	..	1	3	11
− 8½	19	14	6	..	..	..	..	..	..	..	3	13	55	5	5	..	..	..	..	..	..	..	..	0	3	13
− 7½	36	14	16	..	.	..	..	..	..	..	2	14	82	9	3	..	..	..	..	..	..	..	..	0	3	15
− 6½	27	16	20	..	..	..	..	..	..	..	4	23	90	14	3	..	..	..	..	..	..	..	..	0	7	24
− 5½	35	36	18	1	..	..	..	..	..	..	13	28	131	16	5	2	..	..	..	..	..	..	..	2	9	34
− 4½	57	49	24	0	..	..	..	..	..	..	19	33	182	22	10	3	..	..	..	..	..	..	..	0	8	43
− 3½	46	56	43	7	..	..	..	..	..	..	22	42	216	27	12	13	..	..	..	..	..	..	..	0	13	65
− 2½	37	55	28	16	..	..	..	..	..	2	32	52	222	47	20	15	..	..	..	..	..	..	..	3	16	101
− 1½	62	53	72	16	..	..	..	..	..	5	43	58	309	31	34	18	..	..	..	..	..	..	..	8	20	111
− 0½	80	82	66	34	4	..	..	..	..	20	61	78	425	56	56	24	..	..	..	..	..	..	..	18	40	194
+ 0½	94	80	129	53	12	..	..	..	..	26	79	104	577	67	68	30	2	..	..	..	..	..	1	27	105	300
1½	60	72	100	86	26	..	..	..	1	35	62	80	522	102	72	34	4	..	..	..	..	..	0	35	84	331
2½	49	42	58	93	31	..	..	..	6	44	73	75	471	69	77	51	7	..	..	..	..	..	2	35	68	309
3½	40	39	70	101	30	..	..	..	3	57	64	54	458	72	42	58	11	..	..	..	..	..	11	49	71	314
4½	25	34	43	88	65	..	..	..	13	69	82	35	454	62	52	65	22	..	..	..	..	..	10	70	72	353
5½	10	17	27	78	75	5	..	1	17	81	64	32	407	51	60	76	39	..	..	..	..	..	30	79	77	412
6½	7	9	20	73	73	21	..	2	41	80	45	13	384	47	54	84	61	6	..	..	..	..	27	84	55	418
7½	2	4	12	47	95	38	3	2	65	85	39	4	396	21	46	70	58	7	..	..	..	..	53	71	44	370
8½	0	5	6	20	95	72	11	12	64	93	20	0	398	26	43	61	64	25	..	..	..	..	67	71	33	390
9½	1	0	2	20	70	72	28	49	93	53	15	1	404	8	21	47	63	33	..	..	..	4	71	75	22	344
10½	..	..	0	9	64	115	76	73	102	47	2	1	489	7	9	38	67	40	1	..	..	3	91	54	15	325
11½	..	..	1	6	37	104	103	108	96	36	2	..	493	0	7	24	64	57	7	..	..	24	75	29	3	290
12½	..	..	..	2	34	100	121	124	106	23	1	..	511	2	2	23	49	60	12	..	1	26	90	17	..	282
13½	..	..	..	..	31	75	134	112	69	16	..	..	437	1	1	14	43	68	31	10	2	63	66	12	..	311
14½	..	..	..	..	15	44	84	109	36	3	..	..	291	..	3	8	56	63	44	16	12	87	67	7	..	363
15½	..	..	..	..	10	44	80	78	25	..	..	..	237	..	1	4	36	69	42	33	45	104	38	0	..	372
16½	..	..	..	..	5	33	59	47	6	..	..	..	150	..	..	4	37	60	63	67	70	107	28	2	..	438
17½	..	..	..	..	1	13	40	37	5	..	..	..	96	..	..	6	25	51	66	76	90	82	17	1	..	414
18½	..	..	..	..	1	10	21	14	2	..	..	..	48	..	..	1	22	48	78	93	107	67	8	..	..	424
19½	..	..	..	..	1	3	10	4	..	..	..	..	18	..	..	2	8	40	65	83	89	51	11	..	..	349
20½	..	..	..	..	..	1	3	1	..	..	..	..	5	..	..	..	10	43	68	84	87	39	7	..	..	338
21½	..	..	..	..	..	..	2	2	..	..	..	..	4	..	..	..	2	23	63	76	64	30	4	..	..	262
22½	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	25	50	58	50	23	1	..	..	207
23½	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	17	48	48	54	19	..	..	..	186
24½	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	14	32	33	38	7	..	..	..	124
25½	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	9	33	31	21	5	..	..	..	99
26½	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	8	21	22	17	5	..	..	..	73
27½	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	3	13	16	12	2	..	..	..	46
28½	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	1	8	14	6	2	..	..	..	31
29½	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	2	4	6	6	..	..	..	..	18
30½	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	1	0	7	3	..	..	..	..	11
31½	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	2	1	1	1	..	..	..	..	5
32½	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	1	..	..	..	..	..	1

Digitized by Google

AUS DEM
ARCHIV DER DEUTSCHEN SEEWARTE.
XXIII. Jahrgang 1900.
Herausgegeben von der Direktion der Seewarte.

No. 2.

Untersuchungen der Abtheilung II der Deutschen Seewarte über die Genauigkeit der Messungen mit Quecksilber-Barometern.

HAMBURG, 1900.
Gedruckt bei Hammerich & Lesser in Altona.

Digitized by Google

Digitized by Google

No. 2.

Untersuchungen der Abtheilung II der Deutschen Seewarte über die Genauigkeit der Messungen mit Quecksilber-Barometern.

Als Normalbarometer gelten auf der Deutschen Seewarte gegenwärtig zwei Instrumente. Das eine von R. Fuess in Berlin im Jahre 1886 verfertigt und beschrieben in der Zeitschrift für Instrumentenkunde, I. Jahrgang, 1881, pag. 1 u. f., gilt als Hauptnormal-Instrument, wird indess selten in Gebrauch genommen und zwar nur zu dem Zwecke, den festgesetzten Normalstand der Barometer der Seewarte mit dem anderer Institute durch Vergleichs-Barometer festzustellen und den unveränderten Stand des Gebrauchs-Normalbarometers, welches im Februar 1894 von Adie in London beschafft worden ist, zu kontroliren. Ersteres hat ein lichtes Kaliber von 25 mm, letzteres ein solches von 15 mm.

Zu den Vergleichungen dieser Barometer mit denen anderer Institute, sowie zur Prüfung und Ermittelung der Stand-Korrektionen anderer Barometer dienen die folgenden Instrumente:

1) Ein Gefäss-Barometer von Adie in London, von 11 mm lichtem Kaliber, welches sich im Vacuometer der Seewarte befindet und dort zur Prüfung und Vergleichung anderer Stations- und Marine-Barometer benutzt wird.

2) Ein Barometer nach Fortin, von J. G. Greiner jun. in Berlin, welches namentlich auf Reisen zur Vergleichung der Barometer auf den Stationen der Seewarte und den Kaiserlichen Werften dient.

3) Ein Heberbarometer mit beweglichem Boden, System Fuess-Wild, No. 5, welches eingerichtet ist, um in das Vacuometer eingesetzt werden zu können, und dort auch zu verschiedenen Zeiten Verwendung gefunden hat.

4) Ein Heberbarometer mit beweglichem Boden, System Fuess-Wild, No. 130, welches mehrfach auf Reisen zur Vergleichung anderer Barometer gedient hat.

5) Ein Heberbarometer mit beweglichem Boden, System Kupfer, nach Köppen, welches vor der Beschaffung eines eigentlichen Normalbarometers als Haupt-Stationsbarometer bezw. Normalbarometer der Seewarte galt, und auch zu den täglichen meteorologischen Beobachtungen an der Zentralstelle benutzt worden ist.

6) Ein Stationsbarometer mit festem Boden und reduzirter Skala von R. Fuess in Berlin, No. 769, welches seit dem 1. Januar 1886 zu den täglichen meteorologischen Beobachtungen an der Zentralstelle dient.

7) Ein Stationsbarometer mit festem Boden und reduzirter Skala von G. Hechelmann, No. 945.

8) Ein Stationsbarometer mit festem Boden und reduzirter Skala von Zschau in Hamburg, No. 130.

Der Umstand, dass in den ersten Jahren des Bestehens der Seewarte und auch später, als das Normalbarometer von Fuess einer Reparatur unterworfen werden musste, das zweite Normalbarometer von Adie aber noch nicht angeschafft war, der Normalstand der Barometer an der Seewarte durch die sogenannten Stationsbarometer gewährleistet werden musste, gab den Anlass zu einer Untersuchung über die mit solchen Barometern zu erzielende Sicherheit in der Beibehaltung des Standes für längere Zeit und die Genauigkeit der Ablesung bei diesen Instrumenten.

Zu dem Zwecke sind in den Jahren 1892 bis 1895 umfangreiche Vergleichungen dieser Barometer unter sich und mit dem Normalbarometer Adie angestellt worden. — Die zusammenhängende Jahres-Reihe

Digitized by Google

von März 1894 bis März 1895 ist einer umfassenden Diskussion unterzogen worden, deren Resultate im Nachfolgenden gegeben werden.

Die Barometer waren sämtlich im Barometerzimmer der Seewarte, im Erdgeschoss des Dienstgebäudes, in welchem eine für kürzere Zeit nahe konstante Temperatur — Schwankung im ganzen Jahre zwischen 1.9 und 19.0 Zentigraden — herrscht, nahe nebeneinander aufgehängt, so dass eine Reduktion wegen der Niveau-Unterschiede in Wegfall kam.

Das unter 1) genannte Stationsbarometer von Adie war zur Zeit seiner Vergleichung unmittelbar neben dem Normalbarometer von Adie aufgehängt und wurde mittelst Kathetometers abgelesen.

1. Stationsbarometer von Adie.

Theilung in englische Zolle.

Dieses Barometer konnte nur in der Zeit vom 10. Oktober bis zum 3. November 1894 verglichen werden, da es vorher in Bremerhaven sich befunden hatte und im November beschädigt wurde, so dass es einer umfassenden Reparatur unterworfen werden musste, zu welchem Zwecke es nach London an Adie übersandt wurde.

Die Barometerstände schwankten während des Zeitraums der Vergleichung zwischen 29.110 u. 30.372 engl. Zollen.

Als Beobachter fungirte das Personal der Abtheilung II, die Herren Admiralitätsrath Koldewey (*A*), Eylert (*B*) und Lauenstein (*C*).

Beobachter	Anzahl der Vergleichungen	Korrektion im Sinne Normal-Stationsbarom.	Mittlerer Fehler einer Vergleichung
A	17	+0.010	±0.0025
B	19	+0.008	±0.0052
C	20	+0.008	±0.0034

Im Mittel beträgt daher die Korrektion +0.009 E. Z. und der mittlere Fehler einer Vergleichung ±0.0037.

Dieses Instrument war schon bei Uebergang der früheren Norddeutschen Seewarte an das Reich vorhanden und hatte nach einer Vergleichung im Kew-Observatorium im Jahre 1872 die Korrektion +0.008 Engl. Zolle gegen den dortigen Normalstand der Barometer. Da nach anderweitigen Untersuchungen der Normalstand der Barometer in Kew mit dem Normalstand an der Seewarte genau übereinstimmt, so ist also die Korrektion dieses Barometers in den 22 Jahren von 1872 bis 1894 ganz unverändert geblieben.

Nach der Reparatur durch Adie, bei welcher nicht nur die Glasröhre, sondern auch die Metallhülse, an welcher der Nullpunkt bezeichnet ist, erneuert werden musste, wurde im August 1896 eine zweite Serie von Vergleichen mit dem Normalbarometer Adie angestellt, welche folgendes Resultat ergab:

Beobachter	Anzahl der Vergleichungen	Korrektion im Sinne Normal-Stationsbarom.	Mittlerer Fehler einer Vergleichung
A	18	−0.031	±0.0018
B	14	−0.032	±0.0040

Also Korrektion im Mittel −0.031, mittlerer Fehler einer Vergleichung ±0.0029.

Am 29. August 1896 wurde das Stationsbarometer R. Fuess, No. 769 — eingangs unter 6) aufgeführt — in das Vacuometer gehängt und mit dem Stationsbarometer Adie zwischen den Ständen 705 bis 785 mm in zwei Serien von je 15 Vergleichungen durch die Beobachter *A* und *C* verglichen. Es ergab sich daraus bezw. als Korrektion

−0.028 ±0.0043 und
−0.028 ±0.0056, oder im Mittel
−0.028 ±0.0050 im Sinne Normalbarometer Adie — Stationsbarometer Adie,

wenn die Angaben des Vergleichsbarometers Fuess, No. 769, nach der dafür unter 6) gegebenen Reduktionsformel auf den Stand des Normalbarometers Adie reduzirt wurden.

In Folge der sehr nahen Uebereinstimmung zwischen den soeben gegebenen beiden Resultaten, und weil in Folge der Beobachtungsart der ersteren Reihe ein grösseres Gewicht beigelegt werden muss als der

Digitized by Google

zweiten, ist vom 1. September 1896 bis zum 24. Dezember 1897 an die Angaben des Stationsbarometers Adie im Vacuometer der Seewarte die Korrektion —0.031 Engl. Zolle angebracht worden.

Es wird das, sowie das Nachfolgende, aus dem Grunde hier besonders angeführt, weil die Korrektionen der in dem betreffenden Zeitraume im Vacuometer der Seewarte verglichenen Marinebarometer, welche an Bord von Schiffen, die das Meteorologische Journal der Seewarte führen, verwendet werden, hiernach abgeleitet sind, was von allgemeinerem Interesse ist.

Im Dezember 1897 liess der Umstand, dass zwei kurz nacheinander geprüfte Stationsbarometer des Systems, wie eingangs unter 6) bis 8) beschrieben, in den einzelnen Prüfungen verschiedene, aber unter sich übereinstimmende Abweichungen vom Normalstande der Barometer an der Seewarte ergaben, vermuthen, dass eine Aenderung im Stande des als Vergleichungs-Barometer benutzten Stationsbarometers Adie stattgefunden hatte. Dieserhalb von den Beobachtern (*A*) und (*C*) angestellte Vergleiche ergaben:

Datum	Barometerstand	Adie Normal — Stations-	Beobachter
22. Dezbr.	30.65	—0.045	*A*
22. «	30.65	—0.036	*C*
22. »	30.60	—0.039	*A*
22. »	30.60	—0.043	*C*
23. »	30.45	—0.043	*C*
23. »	30.48	—0.052	*C*
24. »	30.45	—0.039	*C*

Also im Mittel Adie Normal — Adie Stations-Barometer = —0.042.

Da eine weitere Vergleichsreihe am 31. Dezember 1897 für denselben Unterschied den Werth —0 045 ergab, so ist seit dem 1. Januar 1898 als Korrektion des Stationsbarometers Adie der Werth —0.045 angenommen worden.

Im Frühjahr 1898 erschien es nach dem Resultat der Prüfung verschiedener guter Stationsbarometer, deren Korrektionen gegen den Normal-Barometerstand der Seewarte auch anderweitig ermittelt waren, wieder fraglich, ob diese Korrektion von —0.045 richtig oder vielleicht etwas zu gross sei.

In der Zeit vom 7. bis zum 15. Mai 1898 wurde durch die Beobachter (*A*) und (*C*) eine neue Reihe von Vergleichungen angestellt, welche ergab:

Datum	Barometerstand	Norm.-Stations-B.	Beobachter
7. Mai	760	—0.038	*C*
9. »	756	—0.030	*C*
9. »	755	—0.031	*A*
10. »	753	—0.038	*C*
11. »	741	—0.025	*C*
11. »	738	—0.032	*A*
12. »	742	—0.041	*C*
12. »	749	—0.024	*A*
13. »	750	—0.035	*C*
14. »	759	—0.036	*C*

Also im Mittel: Korrektion = —0.033 Engl. Zoll.

Dieser Werth stimmt wieder sehr nahe mit dem früher gefundenen und vom 1. September 1896 bis zum 24. Dezember 1897 in Rechnung gezogenen überein.

Im November 1898 wurde von allen 3 Beobachtern wiederum eine Reihe von Vergleichungen zwischen diesem Barometer und dem Normal-Barometer Adie angestellt, welche ergab:

Beobachter	Anzahl der Vergleiche	Korrektion
A	4	—0.039 E. Z.
B	7	—0.042 „ „
C	7	—0.042 „ „

Demnach im Mittel: Korrektion = —0.041 E. Z.

Digitized by Google

Seit dem 22. November 1898 wird daher bis auf weiteres als Korrektion für dieses Barometer der Werth —0.040 Engl. Zolle in Rechnung gezogen.

Der Umstand, dass der Stand dieses Barometers so vielfach um verhältnissmässig merkliche Beträge abweichend gefunden wurde, hat seinen Grund nach den langjährigen mit demselben gemachten Erfahrungen wohl nicht im Barometer selbst, sondern dürfte durch die nachfolgenden Erörterungen seine Erklärung finden:

Das Barometer befand sich während des Zeitraums der Vergleichungen im Vacuometer und wurde mittelst eines kathetometrisch eingerichteten Fernrohrs abgelesen. Die Einstellungen der Kuppe des Quecksilbers werden hierbei um einen geringen Betrag unsicher, da in Folge der Aufstellung des Vacuometers im Keller des Dienstgebäudes die Beleuchtung der Kuppe eine sehr wechselnde ist.

Das Fadenmikrometer des Fernrohrs hatte sich kurz vor der Vergleichungszeit der Barometer als etwas schadhaft erwiesen und wurde daher durch ein neues ersetzt. Wie sich später herausstellte, funktionirt dieses wegen Unparallelität der Fäden nicht ganz genau, und war es bei der Einrichtung des Fernrohrs nicht immer möglich, die Einstellung des Barometers genau in der Mitte des Gesichtsfeldes auszuführen, wie das in Folge obigen Fehlers erforderlich war.

2. Barometer nach Fortin von J. G. Greiner jun. in Berlin.

Obgleich nach der Konstruktionsart dieses Barometers angenommen werden durfte, dass nur eine bei allen Ständen gleiche Korrektion sich ergeben werde, so ist dennoch der Versuch gemacht worden, die sämtlichen gefundenen Korrektionen als lineare Funktion der abgelesenen Barometerstände darzustellen nach der Formel

$$\text{Korrektion} = a + b\,(760 - B),$$

worin B den abgelesenen Barometerstand bezeichnet.

Es musste sich dann dabei herausstellen, ob vielleicht die Theilung nach fehlerhaftem Maassstab aufgetragen ist, oder ob die Toricellische Leere einen merklichen Luftgehalt hat.

Der Barometerstand schwankte während des Jahres, in welchem die Vergleichungen vorgenommen wurden, zwichen den Ständen 736 und 774 mm. Die Diskussion geschah in der Weise, dass zunächst die Beobachtungen nach Vierteljahren — März, April, Mai = Frühling; Juni, Juli, August = Sommer; September, Oktober, November = Herbst; Dezember, Januar, Februar = Winter — getrennt wurden, alsdann aber die Beobachtungen des ganzen Jahres vereint in Rechnung genommen wurden.

Die Resultate sind:

	Beobachter *A*				Beobachter *B*				Beobachter *C*				Mittel		
Jahreszeit	Anzahl der Beobachtung.	*a*	*b*	Δ	Anzahl der Beobachtung.	*a*	*b*	Δ	Anzahl der Beobachtung.	*a*	*b*	Δ	*a*	*b*	Δ
Frühling	54	−0.07	−0.001		54	−0.05	−0.002		58	−0.06	−0.002		−0.06	−0.002	
Sommer	14	−0.05	+0.001		34	−0.02	+0.004		49	−0.02	−0.002		−0.03	+0.001	
Herbst	39	−0.05	+0.001		66	−0.05	+0.002		45	−0.07	−0.002		−0.06	0.000	
Winter	32	−0.06	−0.004		37	−0.04	0.000		69	−0.01	−0.003		−0.04	−0.002	
Ganzes Jahr	139	−0.06	+0.001	±0.035	191	−0.04	−0.001	±0.055	221	−0.04	−0.001	±0.100	−0.05	−0.001	±0.

Es ist also, wie von vornherein erwartet wurde, das zweite Glied der Formel in der That = 0, und beträgt die Korrektion des Barometers bei allen Ständen —0.05 mm, der mittlere Fehler einer Ablesung ±0.06 mm.

3. Stationsbarometer Fuess-Wild No. 5.

Ueber die Konstruktion der Barometer Fuess-Wild vergleiche: „Bericht über die wissenschaftlichen Instrumente auf der Berliner Gewerbe-Ausstellung im Jahre 1879“, Seite 222 u. f.

Das Barometer No. 5 wurde vom 15. Mai bis zum 3. November des Jahres 1894 zu den Vergleichungen der Barometer im Vacuometer benutzt und konnte daher in diesem Zeitraume mit dem Normal-Barometer nicht verglichen werden.

Digitized by Google

Wird die Diskussion in derselben Weise, wie beim vorigen Barometer ausgeführt, wobei jedoch aus später sich ergebenden Gründen die mittlere Abweichung einer Beobachtung von den aus der Formel für das einzelne Vierteljahr abgeleiteten Werthen mit angegeben wird, so erhält man:

Beobachter *A*					Beobachter *B*				Beobachter *C*				Mittel		
Jahreszeit	Anzahl der Beobachtung.	*a*	*b*	Δ	Anzahl der Beobachtung.	*a*	*b*	Δ	Anzahl der Beobachtung.	*a*	*b*	Δ	*a*	*b*	Δ
Frühling .	19	−0.04	+0.001	±0.054	14	−0.04	+0.006	±0.085	22	−0.09	+0.003	±0.071	−0.06	+0.003	±0.070
Sommer . .															
Herbst . .	18	−0.14	−0.001	±0.038	19	−0.12	−0.002	±0.098	18	−0.11	+0.002	±0.071	−0.12	0.000	±0.069
Winter . .	32	−0.21	−0.002	±0.050	36	−0.17	+0.001	±0.047	69	−0.20	−0.003	±0.075	−0.19	−0.001	±0.057
anzes Jahr . .	69	−0.14	−0.004	±0.070	69	−0.13	−0.002	±0.075	109	−0.16	−0.003	±0.085	−0.14	−0.003	±0.077

Auch bei diesem Barometer zeigt sich, dass das zweite Glied der Formel gleich Null gesetzt werden kann, wie nach der Konstruktionsart zu erwarten. Es zeigt sich aber ebenfalls deutlich, dass sich der Stand des Barometers im Laufe des Vergleichungs-Jahres erhöht hat und zwar vom Frühling bis zum Herbst um 0.06, vom Herbst bis zum Winter um 0.076 mm, also im Ganzen 0.14 mm.

Aus diesem Grunde mussten die Werthe von Δ für jedes Vierteljahr einzeln abgeleitet werden. — Will man die Werthe von Δ, wie sie sich für die einzelnen Beobachter aus der für das ganze Jahr abgeleiteten Formel ergeben, in Vergleichung ziehen, so erhält man:

Jahreszeit	Beobachter *A*	Beobachter *B*	Beobachter *C*	Mittel
Frühling . .	+0.102	+0.081	+0.058	+0.080
Sommer . . .				
Herbst	−0.039	+0.011	+0.044	+0.005
Winter . . .	−0.059	−0.037	−0.074	−0.057

Auch daraus ergiebt sich ein Anstieg des Barometers und zwar vom Frühling bis zum Herbst um 0.075 mm, vom Herbst bis zum Winter um 0.062 mm, also eine gute Uebereinstimmung mit den oben abgeleiteten Werthen.

Es muss hierbei besonders hervorgehoben werden, dass bei diesem Barometer im September 1893 eine Reinigung des offenen Schenkels vorgenommen worden ist.

4. Stationsbarometer Fuess-Wild No. 130.

Die Konstruktion ist dieselbe wie die des vorigen Barometers; der offene Schenkel war im Februar 1894 gereinigt worden, und wurde daher die Diskussion in ganz derselben Weise durchgeführt wie bei dem vorigen Barometer.

Die Resultate sind die folgenden:

Beobachter *A*					Beobachter *B*				Beobachter *C*				Mittel		
ahres-zeit	Anzahl der Beobachtung.	*a*	*b*	Δ	Anzahl der Beobachtung.	*a*	*b*	Δ	Anzahl der Beobachtung.	*a*	*b*	Δ	*a*	*b*	Δ
hling .	48	+0.23	−0.002	±0.057	46	+0.27	0.000	±0.054	53	+0.29	−0.001	±0.063	+0.26	−0.001	±0.058
mer . .	11	+0.27	+0.001	±0.042	34	+0.32	0.000	±0.038	76	+0.28	−0.002	±0.064	+0.29	0.000	±0.048
bst . .	41	+0.09	−0.002	±0.084	50	+0.15	−0.001	±0.136	43	+0.10	−0.002	±0.087	+0.11	−0.002	±0.102
ter . .	33	−0.06	−0.002	±0.040	37	−0.12	+0.001	±0.068	70	−0.04	0.000	±0.076	−0.07	0.000	±0.061
Jahr . .	133	+0.12	−0.004	±0.124	167	+0.16	−0.001	±0.165	242	+0.16	−0.003	±0.131	+0.15	−0.003	±0.140

Wie zu erwarten war, zeigt sich auch bei diesem Barometer das zweite Glied, *b*, = 0 und ferner ein erheblicher Anstieg des Barometers im Laufe des Jahres, der jedoch erst nach Eintritt des Sommers be-

Digitized by Google

gonnen hat. Derselbe betrug vom Frühling bis zum Sommer —0.03, also 0, von Sommer bis Herbst 0.18, vom Herbst bis zum Winter ebenfalls 0.18 mm, also im Ganzen 0.36 mm.

Die Werthe von Δ, welche sich aus der für das ganze Jahr abgeleiteten Formel ergeben, sind nach den Jahreszeiten und den einzelnen Beobachtern geordnet:

Jahreszeit	Beobachter *A*	Beobachter *B*	Beobachter *C*	Mittel
Frühling . .	+0.113	+0.106	+0.121	+0.113
Sommer . . .	+0.150	+0.161	+0.116	+0.142
Herbst	—0.038	—0.006	—0.056	—0.033
Winter . . .	—0.170	—0.271	—0.199	—0.213

Daraus ergiebt sich ein Anstieg des Barometers vom Frühling bis zum Sommer im Betrage von —0.029 mm (Erniedrigung), vom Sommer bis zum Herbst von +0.175 mm, vom Herbst bis zum Winter von +0.180 mm, also im Ganzen von Sommer bis zum Winter von 0.355 mm in Uebereinstimmung mit dem vorhin gefundenen Werthe.

Der Umstand, dass vom Frühling bis zum Sommer ein Anstieg sich nicht zeigt, findet, wie am Schlusse näher gezeigt werden wird, darin seine Erklärung, dass der offene Schenkel dieses Barometers im Februar 1894 also kurz vor Beginn der Beobachtungsreihe, gereinigt worden war.

5. Stationsbarometer Fuess No. 9.

System Kupffer-Köppen.

Die Beschreibung dieses Barometers findet sich in dem schon angezogenen Bericht über die wissenschaftlichen Instrumente auf der Berliner Gewerbe-Ausstellung im Jahre 1879, Seite 221 u. f.

Das Barometer hat ein etwas weiteres Kaliber als die beiden vorhergehenden. Die Ablesevorrichtung ermöglicht besonders scharfe Ablesungen.

Auch bei diesem Barometer wurde der offene Schenkel kurz vor Beginn der Vergleichungsreihe gereinigt und zwar im Sommer 1893.

Die Resultate der in derselben Weise, wie bei den vorhergehenden Barometern ausgeführten Diskussion sind die folgenden:

	Beobachter *A*				Beobachter *B*				Beobachter *C*				Mittel		
Jahreszeit	Anzahl der Beobachtung.	*a*	*b*	Δ	Anzahl der Beobachtung.	*a*	*b*	Δ	Anzahl der Beobachtung.	*a*	*b*	Δ	*a*	*b*	
Frühling .	55	—0.27	—0.001	±0.031	54	—0.25	—0.003	±0.056	60	—0.22	+0.005	±0.085	—0.25	0.000	±0
Sommer . .	12	—0.22	0	±0.048	35	—0.21	0	±0.031	78	—0.17	+0.002	±0.061	—0.20	+0.001	±0
Herbst . .	40	—0.28	—0.001	±0.048	50	—0.24	—0.001	±0.052	44	—0.25	+0.001	±0.083	—0.26	0.000	±0
Winter . .	32	—0.28	0	±0.037	37	—0.29	+0.002	±0.036	69	—0.27	—0.002	±0.072	—0.28	0.000	±0
Ganzes Jahr . .	139	—0.27	—0.001	±0.046	176	—0.25	0.000	±0.052	251	—0.23	+0.001	±0.083	—0.25	0.000	±0

Auch hier zeigt sich naturgemäss das zweite Glied, *b*, = 0. Der Anstieg erfolgte in ähnlicher Weise, wie bei dem vorhergehenden Barometer, war jedoch erheblich geringer und betrug vom Frühling bis zum Sommer —0.05, vom Sommer bis zum Herbst +0.06, vom Herbst bis zum Winter +0.02 mm.

Die Werthe von Δ, welche sich aus der für das ganze Jahr abgeleiteten Formel ergeben, sind nach den Jahreszeiten und den einzelnen Beobachtern geordnet:

Jahreszeit	Beobachter *A*	Beobachter *B*	Beobachter *C*	Mittel
Frühling . .	+0.003	—0.002	+0.006	+0.002
Sommer . . .	+0.046	+0.008	+0.059	+0.038
Herbst	—0.014	+0.008	—0.028	—0.011
Winter . . .	—0.006	—0.036	—0.053	—0.032

Daraus ergiebt sich der Anstieg des Barometers vom Frühling bis zum Sommer zu —0.04, vom Sommer bis zum Herbst zu +0.05, vom Herbst bis zum Winter zu + 0.02 mm, also nahezu ebenso wie vorhin gefunden.

Digitized by Google

Das Barometer No. 9 ist, wie schon eingangs erwähnt, in der Zeit vom 12. Februar 1878 bis zum 31. Dezember 1885 als Hauptbarometer der Seewarte verwandt worden und hat in dieser Zeit nachweislich seinen Stand um etwa 0.38 mm erhöht. Das Nähere darüber ist in den verschiedenen Jahresberichten der Seewarte veröffentlicht worden.

6. Stationsbarometer mit festem Boden, Fuess No. 769.

Das Instrument ist ein Gefäss-Barometer mit reduzirter Skala. Zur Messung des Barometerstandes bedarf man deshalb nur der Einstellung des Visir-Nonius vermittelst des Triebknopfes auf die Quecksilberkuppe. — Die Glasröhre ist von einer cylindrischen Messingröhre umschlossen, auf welche am oberen Ende die Skala aufgetragen ist. Ein auf seiner Rückseite mattgeschliffener Glasmantel umschliesst Skala und Nonius. Am unteren Ende der Messingröhre ist das aus mehreren verschraubbaren Theilen zusammengesetzte Gefäss befestigt. Zur Befestigung der Quecksilberröhre ist auf dieselbe eine eiserne Muffe gekittet, die ein Schraubengewinde trägt, welches in die Deckplatte des Gefässes eingeschraubt wird.

Die Diskussion, welche ebenso wie bei den vorhergehenden Barometern ausgeführt wurde, ergab folgende Resultate:

	Beobachter *A*				Beobachter *B*				Beobachter *C*				Mittel		
Jahreszeit	Anzahl der Beobachtung.	*a*	*b*	Δ	Anzahl der Beobachtung.	*a*	*b*	Δ	Anzahl der Beobachtung.	*a*	*b*	Δ	*a*	*b*	Δ
ühling.	56	+0.03	−0.006		54	+0.05	−0.007		60	+0.03	−0.007		+0.04	−0.007	
mmer.	12	+0.07	−0.002		35	+0.05	−0.006		77	+0.03	−0.008		+0.05	−0.005	
rbst .	40	+0.02	−0.006		51	+0.04	−0.005		43	−0.02	−0.006		+0.01	−0.006	
inter .	32	+0.02	−0.007		37	+0.09	−0.008		70	+0.03	−0.005		+0.05	−0.007	
es Jahr.	140	+0.03	−0.007	±0.044	177	+0.06	−0.007	±0.056	250	+0.02	−0.006	±0.065	+0.04	−0.007	±0.055

Eine Veränderung des Standes dieses Barometers im Laufe des Jahres ergiebt sich hieraus nicht.

Die Werthe von Δ, welche sich aus der für das ganze Jahr abgeleiteten Formel:

$$B = \text{No. } 769 + 0.037 - 0.0065\,(760 - B) \pm 0.055$$

ergeben, sind nach den einzelnen Beobachtern und den Jahreszeiten zusammengestellt:

Jahreszeit	Beobachter *A*	Beobachter *B*	Beobachter *C*	Mittel
Frühling . .	+0.007	−0.003	+0.019	+0.008
Sommer . . .	+0.039	+0.001	+0.010	+0.017
Herbst . . .	−0.013	−0.019	−0.040	−0.024
Winter . . .	−0.003	+0.029	+0.013	+0.013
Mittel	+0.010	+0.003	+0.001	

Hiernach würde für den Zeitraum vom Frühling bis zum Sommer eine Erniedrigung des Standes um 0.009 mm, vom Sommer bis zum Herbst eine Erhöhung um 0.041 und vom Herbst bis zum Winter eine Erniedrigung um 0.037 mm stattgefunden haben. Der Stand hat sich demnach nicht geändert.

Aus der obigen Formel ergiebt sich nachstehende Korrektionstabelle, die mit den aus früheren, vom Jahre 1886 an beginnenden Beobachtungen abgeleiteten Werthen sehr gut übereinstimmt.

Bei	720 mm	Korrektion	−0.22 mm
»	730 »	»	−0.11 »
»	740 »	»	−0.09 »
»	750 »	»	−0.03 »
»	760 »	»	+0.04 »
»	770 »	»	+0.10 »
»	780 »	»	+0.17 »

Digitized by Google

7. Stationsbarometer mit festem Boden, G. Hechelmann No. 945.

Die Konstruktion dieses Barometers ist dieselbe, wie die des vorhergehenden.

Die Vergleichungen erstreken sich nur über den Zeitraum vom 10. März bis zum 2. November 1894.

Die Resultate der Diskussion sind die folgenden:

Jahreszeit	Beobachter *A*				Beobachter *B*				Beobachter *C*				Mittel		
	Anzahl der Beobachtung.	*a*	*b*	Δ	Anzahl der Beobachtung.	*a*	*b*	Δ	Anzahl der Beobachtung.	*a*	*b*	Δ	*a*	*b*	Δ
Frühling .	55	+0.04	+0.006		55	+0.07	+0.005		59	+0.05	+0.009		+0.05	+0.007	
Sommer . .	12	+0.03	+0.009		35	+0.02	+0.002		77	+0.04	+0.005		+0.03	+0.005	
Herbst . .	22	+0.04	+0.007		32	+0.08	+0.004		27	+0.04	−0.002		+0.05	+0.003	
Ganzer Zeitraum	89	+0.04	+0.007	±0.057	122	+0.06	+0.004	±0.065	163	+0.04	+0.005	±0.061	+0.05	+0.005	±0.06

Eine Veränderung des Standes des Barometers während des Vergleichs-Zeitraums hat demnach auch bei diesem Barometer nicht stattgefunden.

Die Werthe von Δ, welche sich aus der für die ganze Vergleichszeit abgeleiteten Formel:

$$B = \text{No. } 945 + 0.044 + 0.0053\,(760 - B) \pm 0.061$$

ergeben, sind nach den Jahreszeiten und den einzelnen Beobachtern geordnet:

Jahreszeit	Beobachter *A*	Beobachter *B*	Beobachter *C*	Mittel
Frühling . .	−0.002	+0.007	+0.003	+0.003
Sommer . . .	−0.014	−0.041	+0.004	−0.016
Herbst	+0.035	+0.030	−0.018	+0.016
Mittel	+0.006	−0.001	−0.004	

Hiernach hätte vom Frühling bis zum Sommer eine Erhöhung des Standes um 0.019 mm und vom Sommer bis zum Herbst eine Erniedrigung um 0.032 mm stattgefunden.

Aus der obigen Formel ergiebt sich für dieses Barometer die nachstehende Korrektionstabelle:

Bei	720 mm	Korrektion	+0.26 mm
»	730 »	»	+0.20 »
»	740 »	»	+0.15 »
»	750 »	»	+0.10 »
»	760 »	»	+0.04 »
»	770 »	»	−0.01 »
»	780 »	»	−0.06 »

8. Stationsbarometer mit festem Boden, E. H. Zschau No. 130.

Die Konstruktion ist dieselbe wie die der beiden vorhergehenden.

Die Beobachtungen erstrecken sich über den Zeitraum vom 27. März 1894 bis Ende Februar 1895. also fast über das ganze Vergleichsjahr.

Resultate der Diskussion:

Jahreszeit	Beobachter *A*				Beobachter *B*				Beobachter *C*				Mittel		
	Anzahl der Beobachtung.	*a*	*b*	Δ	Anzahl der Beobachtung.	*a*	*b*	Δ	Anzahl der Beobachtung.	*a*	*b*	Δ	*a*	*b*	Δ
Frühling .	44	+0.06	+0.005		43	+0.17	+0.006		53	+0.09	+0.008		+0.11	+0.006	
Sommer . .	11	+0.09	+0.013		35	+0.09	+0.004		74	+0.11	+0.008		+0.10	+0.008	
Herbst . .	40	+0.11	+0.008		50	+0.18	+0.005		44	+0.08	+0.007		+0.12	+0.007	
Winter . .	32	+0.14	+0.006		36	+0.19	+0.003		70	+0.10	+0.005		+0.14	+0.005	
Ganzer Zeitraum	127	+0.10	+0.007	±0.055	164	+0.16	+0.005	±0.073	241	+0.10	+0.008	±0.066	+0.12	+0.007	±0.0

Digitized by Google

Eine wesentliche Veränderung des Standes dieses Barometers während des Vergleichs-Zeitraums zeigt sich danach auch in diesem Falle nicht.

Aus sämtlichen Beobachtungen ergiebt sich die Reduktionsformel:

$$B = \text{No. } 130 + 0.118 + 0.0070\,(760 - B) \pm 0.065.$$

Nach den Jahreszeiten und den einzelnen Beobachtern geordnet ergeben sich damit folgende Werthe von Δ:

Jahreszeit	Beobachter *A*	Beobachter *B*	Beobachter *C*	Mittel
Frühling . .	−0.032	+0.005	−0.006	−0.011
Sommer . . .	−0.011	−0.061	+0.015	−0.019
Herbst	+0.011	+0.017	−0.019	+0.003
Winter . . .	+0.036	+0.025	−0.006	+0.018
Mittel	+0.001	−0.004	−0.004	

Demnach hätte vom Frühling bis zum Sommer eine Erhöhung des Standes um 0.008, vom Sommer bis zum Herbst eine Erniedrigung um 0.022 und vom Herbst bis zum Winter eine solche um 0.015 mm stattgefunden.

Die aus der Reduktionsformel abgeleitete Korrektionstabelle für dieses Barometer lautet:

Bei	720 mm	Korrektion	+0.40 mm
»	730 »	»	+0.33 »
»	740 »	»	+0.26 »
»	750 »	»	+0.19 »
»	760 »	»	+0.12 »
»	770 »	»	+0.05 »
»	780 »	»	−0.02 »

Stellen wir nun noch für die Barometer **3** bis **8** die **im Mittel aus allen Beobachtern** gefundenen Werthe der Abweichungen: Beobachtung—Rechnung nach den einzelnen Jahreszeiten zusammen, so erhalten wir:

Barometer	Frühling	Sommer	Herbst	Winter
3	+0.080		+0.005	−0.057
4	+0.113	+0.142	−0.033	−0.213
5	+0.002	+0.038	−0.011	−0.032
6	+0.008	+0.017	−0.024	+0.013
7	+0.003	−0.017	+0.016	
8	−0.011	−0.019	+0.003	+0.018

Die Veränderung des Standes der einzelnen Barometer im Laufe des Vergleichs-Jahres betrug somit:

Barometer	Frühl.-Sommer	Sommer-Herbst	Herbst-Winter	Ganzes Jahr
3	Frühl.-Herbst −0.075		−0.062	−0.137
4	+0.029	−0.175	−0.180	−0.326*)
5	+0.036	−0.049	−0.021	−0.034**)
6	+0.009	−0.041	+0.037	+0.005
7	−0.020	+0.033		+0.013
8	−0.008	+0.022	+0.015	+0.029

Es zeigt sich somit beim Barometer No. 3 ein dauernder Anstieg, bei den Barometern No. 4 und 5 eine Erniedrigung des Standes vom Frühling bis zum Sommer und sodann ein fortdauernder Anstieg, während bei den übrigen Barometern, denen mit festem Boden, eine dauernde Aenderung in einem bestimmten Sinne nicht zu erkennen ist.

*) Sommer 1894 bis Frühling 1895 −0.355. **) Sommer 1894 bis Frühling 1895 −0.070.

Digitized by Google

Werden die Werthe der einzelnen Abweichungen — Beobachtung weniger Rechnung — in Prozenten der Häufigkeit ihres Vorkommens, nach den einzelnen Beobachtern getrennt, zusammengestellt, so ergiebt sich:

1. Barometer Fortin von Greiner jun. (No. 2).

Beobachter:		*A*	*B*	*C*	Mittel
Abweichung von	0.00—0.04	74.1	51.1	39.0	54.7
» »	0.05—0.09	20.1	33.2	33.0	28.8
» »	0.10—0.14	3.6	8.9	14.5	9.0
» »	0.15—0.19	2.2	3.7	9.0	5.0
» »	0.20—0.24		3.1	3.0	2.0
» »	0.25—0.29			1.5	0.5
» »	0.30 und mehr.				

2. Barometer Fuess-Wild No. 5. (No. 3).

Beobachter:		*A*	*B*	*C*	Mittel
Abweichung von	0.00—0.04	29.9	29.0	33.9	30.9
» »	0.05—0.09	41.8	27.5	33.9	34.4
» »	0.10—0.14	20.9	34.8	20.2	25.3
» »	0.15—0.19	5.9	8.7	7.4	7.3
» »	0.20—0.24	»		1.8	0.6
» «	0.25—0.29	»		1.8	0.6
» »	0.30 und mehr	1.5		1.0	0.8

3. Barometer Fuess-Wild No. 130. (No. 4).

Beobachter:		*A*	*B*	*C*	Mittel
Abweichung von	0.00—0.04	18.8	5.4	12.8	12.3
» »	0.05—0.09	19.5	13.2	20.7	17.8
» »	0.10—0.14	24.1	32.9	21.1	26.0
» »	0.15—0.19	21.8	18.0	18.2	19.3
» »	0.20—0.24	10.5	13.2	13.2	12.3
» »	0.25—0.29	3.8	5.4	7.4	5.5
» »	0.30 und mehr	1.5	12.0	6.6	6.7

4. Barometer Kupffer-Köppen No. 9. (No. 5).

Beobachter:		*A*	*B*	*C*	Mittel
Abweichung von	0.00—0.04	55.4	79.3	34.7	56.5
» »	0.05—0.09	35.9	15.7	31.8	27.8
» »	0.10—0.14	7.2	2.5	15.5	8.4
» »	0.15—0.19	1.5	1.7	13.5	5.6
» »	0.20—0.24		0	2.8	0.9
» »	0.25—0.29		0.8	0.8	0.5
» »	0.30 und mehr			0.8	0.3

5. Barometer Fuess No. 769. (No. 6).

Beobachter:		*A*	*B*	*C*	Mittel
Abweichung von	0.00—0.04	60.7	49.2	44.0	51.3
» »	0.05—0.09	27.9	31.1	31.2	30.1
» »	0.10—0.14	10.0	16.4	16.4	14.3
» »	0.15—0.19	1.4	3.4	6.0	3.6
» »	0.20—0.24			1.6	0.5
» »	0.25—0.29			0.0	0.0
» »	0.30 und mehr			0.4	0.1

Digitized by Google

6. Barometer Hechelmann No. 945. (No. 7).

Beobachter:	*A*	*B*	*C*	Mittel
Abweichung von 0.00—0.04	47.2	42.6	49.7	46.5
» » 0.05—0.09	31.5	35.2	26.1	30.9
» » 0.10—0.14	14.6	12.3	16.1	14.3
» » 0.15—0.19	5.6	8.2	7.5	7.1
» » 0.20—0.24	1.1	0.8	0.0	0.6
» » 0.25—0.29	0.0	0.8	0.7	0.5
» » 0.30 und mehr	0.0	0.0	0.0	0.0

7. Barometer Zschau No. 130. (No. 8).

Beobachter:	*A*	*B*	*C*	Mittel
Abweichung von 0.00—0.04	44.1	42.0	43.1	43.1
» » 0.05—0.09	35.4	26.2	30.7	30.8
» » 0.10—0.14	19.7	18.3	18.7	18.9
» » 0.15—0.19	0.8	10.0	5.0	5.3
» » 0.20—0.24	0.0	3.0	2.1	1.7
» » 0.25—0.29	0.0	0.6	0.4	0.3
» » 0.30 und mehr	0.0	0.0	0.0	0.0

Für die einzelnen Barometer ergiebt sich demnach die Häufigkeit des Vorkommens der einzelnen Abweichungen in Prozenten

	Abweichung:						
Barometer	0.00—0.04	0.05—0.09	0.10—0.14	0.15—0.19	0.20—0.24	0.25—0.29	0.30 und mehr
No. 2. Fortin	54.7	28.8	9.0	5.0	2.0	0.5	0.0
» 3. Fuess-Wild 5	30.9	34.4	25.3	7.3	0.6	0.6	0.8
» 4. » » 130	12.3	17.8	26.0	19.3	12.3	5.5	6.7
» 5. Kupffer-Köppen 9	56.5	27.8	8.4	5.6	0.9	0.5	0.3
» 6. Fuess 769	51.3	30.1	14.3	3.6	0.5	0.0	0.1
» 7. Hechelmann 945	46.5	30.9	14.3	7.1	0.6	0.5	0.0
» 8. Zschau 130	43.1	30.8	18.9	5.3	1.7	0.3	0.0
Mittel	**42.2**	**28.7**	**16.6**	**7.6**	**2.7**	**1.1**	**1.1**

Demnach im Mittel aller Barometer:

Fehler unter 0.1 mm ..... in 71% aller Fälle.
» von 0.1 bis 0.19 mm ..... » 24% » »
» » 0.2 und darüber ..... » 5% » »

Ordnet man die Barometer nach der Häufigkeit des Vorkommens eines Fehlers unter 0.1 mm, so erhält man in Prozenten

	Fehler:		
Barometer	unter 0.1 mm	0.10 bis 0.19 mm	0.20 mm und darüber
1) Kupffer-Köppen 9	84.3	14.0	1.7
2) Fortin	83.5	14.0	2.5
3) Fuess 769	81.4	17.9	0.6
4) Hechelmann 945	77.4	21.4	1.1
5) Zschau 130	73.9	24.2	2.0
6) Fuess-Wild 5	65.3	32.6	2.0
7) Fuess-Wild 130	30.1	45.3	24.5

Der mittlere Fehler Δ wird bei den einzelnen Barometern, wenn für die Barometer No. 3, 4 und 5 aus dem oben angeführten Grunde ein Mittel aus den Abweichungen von den Werthen der für die einzelnen Vierteljahre abgeleiteten Formel angenommen wird:

Digitized by Google

Barometer	Beobachter: A	B	C	Mittel
1) Kupffer-Köppen 9 .	0.041	0.044	0.075	0.053
2) Fuess 769	0.044	0.056	0.065	0.055
3) Hechelmann 945 ..	0.057	0.065	0.061	0.061
4) Fortin	0.035	0.055	0.100	0.063
5) Zschau 130	0.055	0.073	0.066	0.065
6) Fuess-Wild 5	0.047	0.077	0.072	0.065
7) Fuess-Wild 130...	0.055	0.074	0.072	0.067

Es ergiebt sich also dieselbe Reihenfolge der Barometer wie oben, nur erscheint hier das Barometer Fortin erst an vierter Stelle. Es ist dies auf den Umstand zurückzuführen, dass bei dem Beobachter *C* ein auffallend grosser Werth von Δ gerade bei diesem Barometer sich zeigt, was, wie die diesbezüglichen Untersuchungen gezeigt haben, auf eine Unsicherheit in der Einstellung der Elfenbein-Spitze auf das Niveau des Quecksilbers im Gefäss seitens dieses Beobachters zurückzuführen ist.

Aus den in dieser Abhandlung aufgeführten Zahlen lassen sich folgende Schlüsse ziehen:

1) Die Heberbarometer mit offenem Schenkel eignen sich für den praktischen Gebrauch nicht, da in Folge der Verunreinigung der Glasröhre des offenen Schenkels Veränderungen in der Höhe des Meniskus (verschiedene Oberflächenspannungen) eintreten, die im Laufe der Zeit gewöhnlich eine Erhöhung des Standes dieser Barometer bewirken. — Je höher der Meniskus wird, um so höher der Stand. Es tritt daher bei diesen Barometern die Erscheinung auf, dass sie bei steigendem Luftdruck, wegen der Erniedrigung des Meniskus, tiefer zeigen als bei fallendem.

2) In der ersten Zeit nach einer Reinigung des offenen Schenkels arbeiten Barometer dieser Konstruktionsart recht gut: vergleiche Barometer Kupffer-Köppen No. 9 und Fuess-Wild No. 5. Etwa ein halbes bis ein ganzes Jahr nach einer solchen Reinigung tritt ein Anstieg dieser Barometer ein und wird alsdann auch die Genauigkeit der Ablesungen eine wesentlich geringere: vergleiche Barometer Fuess-Wild No. 130.

3) Stationsbarometer mit festem Boden und dementsprechend reduzirter Skala geben recht gute Resultate und gewährleisten durchschnittlich (zu 78%) eine Genauigkeit der Einstellungen und Ablesungen von ±0.1 mm: vergleiche Barometer Fuess No. 769, Hechelmann No. 945 und Zschau No. 130.

4) Im allgemeinen ist die Konstruktionsart des Barometers Fortin, wie überhaupt die der Gefäss-Barometer als diejenige zu bezeichnen, welche am sichersten die Beibehaltung eines unveränderten Standes gewährleistet bei einer Schärfe der Einstellungen und Ablesungen, welche der anderer Konstruktionsarten von Stationsbarometern mindestens gleichkommt.

5) Unter Berücksichtigung der Einfachheit, mit welcher die Ablesungen gemacht werden können, sind für den praktischen Gebrauch als Barometer zu öfteren Ablesungen (z. B. für fortlaufende Meteorologische Beobachtungen) die Barometer mit festem Boden und reduzirter Skala vorzuziehen. — Es ist nicht zu bezweifeln, dass dieselben in noch besserer Weise seitens der Verfertiger hergestellt werden können, denn die vorstehenden Zusammenstellungen zeigen einmal, dass die Reduktion der Skala in allen Fällen noch nicht eine ganz richtige ist, und andererseits folgen die Barometer, wenn sie nach dem Grade ihrer Zuverlässigkeit und Genauigkeit der Ablesungen geordnet werden, in der Weise auf einander, dass derjenige Mechaniker, welcher schon seit längerer Zeit mit der Herstellung derartiger Barometer sich befasst hat, ein besseres Instrument liefert, als derjenige, welcher erst seit kürzerer Zeit damit begonnen hat. — Es handelt sich nach den diesseits gemachten Erfahrungen dabei im wesentlichen um die Reinheit des Quecksilbers und die Glätte der Wandungen der Glasröhre. Es darf daher das Barometer nicht bei zu hoher Temperatur gefüllt werden, weil das Quecksilber dann leicht Schlacken bildet und ist ferner der Bezugsquelle der Glasröhren, bezw. der Zusammensetzung des dazu verwendeten Glases, seitens der Verfertiger die grösste Aufmerksamkeit zu schenken.

Digitized by Google

AUS DEM
ARCHIV DER DEUTSCHEN SEEWARTE.
XXIII. Jahrgang 1900.
Herausgegeben von der Direktion der Seewarte.

No. 3.

Die

Polhöhe des Nordthurms der Deutschen Seewarte

abgeleitet aus Beobachtungen von

Dr. **C. Stechert**, Kapt. **G. Reinicke** und Dr. **J. B. Messerschmitt.**

HAMBURG, 1900.
Gedruckt bei Hammerich & Lesser in Altona.

Digitized by Google

Digitized by Google

No. 3.

Die Polhöhe des Nordthurms der Deutschen Seewarte,

abgeleitet aus Beobachtungen von

Dr. **C. Stechert,** Kapt. **G. Reinicke** und Dr. **J. B. Messerschmitt.**

Der Nordthurm der Seewarte trägt auf seiner Plattform ein aus Wellblech stark und fest konstruirtes Beobachtungshaus mit drehbarem Dache, in welchem sich ein durch eine Klappe verschliessbarer Spalt befindet. Die Stärke der Wandung, sowie die Befestigung derselben sind so stark gewählt, dass die schwersten Winde, die hier oben (nahezu 50 Meter über der Elbe) eine ganz besonders starke Gewalt auszuüben vermögen, keinen Schaden thun können. Der Verschluss der Thüren, sowie der Klappe sind dicht. Das Schliessen und Oeffnen der Klappe geschieht durch einen einfachen Hebel, der mit einer Nase jeweilen in seiner Endlage festgehalten wird. Das Dach selbst ruht auf Rädern, die in einer Eisenschiene laufen und durch eine Radübersetzung ein leichtes und rasches Drehen desselben gestatten.

In der Mitte dieses Raumes befindet sich eine Holzsäule, welche frei durch den Fussboden der Plattform bezw. der Decke der Loggia geht und erst unten auf dem Fussboden der Loggia aufsteht, wo sie auch durch mehrfache Querverbindungen, Klammern u. s. w. möglichst versteift ist. Am oberen Theil ist sie mit einem tonnenartigen, nirgends dieselbe berührenden Mantel umgeben, der wieder durch einen ihn umschliessenden Holztritt Festigkeit erhält. Die Oberfläche der Säule ist mit einer 6 cm dicken Marmorplatte bedeckt, auf welcher ein von Frank von Liechtenstein in Hamburg verfertigtes Universal-Instrument aufgestellt ist. Dasselbe wird für gewöhnlich durch einen zweitheiligen, ganz dicht schliessenden Mahagoni-Glaskasten gut geschützt, was wegen der in Hamburg besonders rauchhaltigen und nebligen Luft wichtig für die Erhaltung des Instrumentes ist.

Das Universal-Instrument besteht aus zwei Theilen: dem Untertheil mit den Achsenlagern und dem Horizontalkreise, und dem Obertheil mit dem Fernrohre und dem Höhenkreise.

Das Untergestell besteht aus einem auf drei vertikalen Stellschrauben ruhenden Dreifuss, auf welchem die vertikale Achse, bestehend aus einem Stahlkonus, aufgesetzt ist. An diesem Untertheil ist der messingene Horizontalkreis angebracht, welcher in einem eingelegten Silberstreifen die Theilung von 4′ zu 4′ trägt, dessen Durchmesser 42 cm ist. Die Bezifferung ist von Grad zu Grad angeschrieben und das Gesichtsfeld der beiden um 180° von einander abstehenden Ablese-Mikroskope ist so gross, dass man in jedem derselben die volle Ablesung erhält. Die Mikroskope selbst sind an der Büchse angebracht, welche sich um den vertikalen Stahlkonus dreht. An dem unteren Ende dieser Büchse befinden sich auch die Klemm- und Feinstellschrauben für die azimutale Bewegung.

An dem oberen Ende der Büchse ist der gabelförmige Lagerboden für die horizontale Drehachse befestigt. Die Lager haben einen gegenseitigen Abstand von 31 cm; das eine ist fest, das andere lässt sich mittelst Schrauben etwas heben und senken, um die horizontale Achse rechtwinklig zur vertikalen stellen zu können.

Der Obertheil des Instruments besteht aus einem gebrochenen Fernrohr mit der horizontalen Achse. Diese ist hohl und trägt an dem einen Ende das Okular, das andere Ende, welches durch eine Glasplatte geschlossen ist, dient bei Nacht zur Beleuchtung des Gesichtsfeldes durch eine Lampe. In der Mitte der Achse befindet sich das Glasprisma, welches das vom Objektiv kommende Licht nach dem Okular reflektirt. Das Objektiv hat einen freien Durchmesser von 54 mm und eine Brennweite von 57 cm.

Digitized by Google

An der dem Okular entgegengesetzten Seite befindet sich der Höhenkreis, dessen Theilung auf einem eingelegten Silberstreifen ähnlich der des Horizontalkreises von 4′ zu 4′ getheilt, einen Durchmesser von 28 cm hat. Der Mikroskopträger dieses Kreises mit den beiden Mikroskopen befindet sich innerhalb der Lager, an welchen ebenfalls die Feinstellschraube und Klemme für die Höheneinstellungen befestigt sind.

Die Vertikalachse wird von einem Stahlstift durchsetzt, welcher mittelst einer unten am Dreifuss angebrachten Wendeschraube und zweier rechtwinklig ineinander greifenden Kegelräder in die Höhe gehoben werden kann. Dieser Stift trägt an seinem oberen Ende einen gabelförmigen Ansatz, dessen obere Enden je zwei Friktionsrollen haben, welche einerseits den Druck auf die Lager vermindern, anderntheils beim Umlegen des Fernrohrs diesem einen festen Halt geben.

Das Instrument besitzt ausserdem eine Aufsatzlibelle und eine Mikroskoplibelle. Der Theilwerth der letzteren, welche allein bei den vorliegenden Polhöhenmessungen gebraucht wurde, ist am Instrumente selbst bestimmt worden. Es betrug ein Pars, dessen Grösse etwa 2 mm ist,

1893 Juni	2″.062	Beob. Stechert
1898 August ...	2″.594	» Reinicke
1899 September	2″.658	» Messerschmitt
1900 Januar ...	2″.86	» Kapt.-Leut. Koch.

Bei der Reduktion ist der Mittelwerth aus den beiden Jahren 1898 und 1899 erhaltenen Bestimmungen $1^p = 2''.626$ verwendet werden.

Dem Instrumente sind zwei Okulare beigegeben, denen eine Vergrösserung von ca. 30 und 70 entspricht. In der ersten Zeit wurde das schwächere Okular verwendet, später das stärkere, welches bessere Bilder zeigte. Das Fadennetz besteht aus 9 festen Fäden und einem beweglichen Faden; senkrecht dazu stehen 5 feste Fäden. Das Okularmikrometer lässt sich um 90° drehen, so dass beide Fadensysteme horizontal bezw. vertikal gestellt werden können. Es wurden die ersteren 9 Fäden nebst dem beweglichen Faden horizontal gestellt, da sie auch bei den Zeitbestimmungen in 45° Höhe verwendet wurden. Die Einstellungen beider Polhöhemessungen geschahen am Mittelfaden, nur an den beiden letzten Beobachtungstagen wurden andere Fäden benutzt, da der Mittelfaden sich verzogen hatte.

Die Ablesung der Kreise geschieht mit Schraubenmikroskopen, deren Trommeln in 60 Theile getheilt sind, wovon ein Theil 1″ entspricht; es sind also vier Umdrehungen auszuführen, um von einem Theilstrich bis zum andern zu gelangen. Ursprünglich war in jedem Mikroskop nur ein Doppelfaden angebracht und es wurde bei den Beobachtungen jedesmal damit je der vorangehende und der nachfolgende Theilstrich eingestellt, wodurch zugleich der Run ermittelt wurde. Im Juni 1899 wurde noch ein zweiter Doppelfaden im Abstand von 3 Umdrehungen vom ersten angebracht und dann bei der Beobachtung das eine Fadenpaar auf den in der Theilung vorangehenden und das andere auf den nachfolgenden Theilstrich eingestellt; der Mittelwerth beider Trommelablesungen wurde für die Rechnung benutzt. Zur Bestimmung des Run wurden nach jedem Beobachtungsabend seit dieser Zeit besondere Messungen ausgeführt. Es zeigte sich der Run für jeden Kreisstand sehr konstant, wechselte aber in Grösse mit der Aenderung des Standes, so dass damit deutlich die periodischen Theilungsfehler des Kreises angezeigt sind.

Um die ganzen Umdrehungen der Mikroskopschrauben besser erkennen zu können, ist in den Mikroskopen ein Rechen von 5 Zähnen angebracht, deren Spitzen um eine ganze Umdrehung von einander entfernt sind. Der mittlere Zahn gilt als Ausgangspunkt der Zählung und zeigt bei ihm das der Schraubentrommel zunächstliegende Fadenpaar auf der Trommel Null. Da, wie oben schon erwähnt, das Gesichtsfeld der Mikroskope etwas mehr als ein Grad beträgt und die Grade fortlaufend beziffert sind, ausserdem jeder 20′-Strich etwas länger als die anderen Striche ausgezogen ist, so kann man unmittelbar die ganzen Einstellungen ablesen.

Die Beleuchtung des Fadenkreuzes geschieht mit einer Handlaterne, welche auf einem an der Decke befestigten Holzgestelle ihren Platz findet; bei der Ablesung der Kreise wird ebenfalls eine Handlaterne benutzt.

Die Beobachtungen wurden stets von zwei Beobachtern gemacht, und zwar in der Weise, dass der eine das Instrument einstellte und den Kreis ablas, während der andere die Uhrzeit nach dem angerufenen Signale und die Kreisablesungen notirte. Im Laufe eines Abends wechselten die beiden Beobachter mit einander ab.

Digitized by Google

Die Bestimmung der Polhöhe geschah durch Messen von Zenitdistanzen des Polarsterns und südlich kulminirender Sterne in der Nähe des Meridians (Circum-Meridianhöhen), indem der Stern auf den Mittelfaden eingestellt wurde. Die Südsterne wurden hierbei so ausgewählt, dass sie nahe in gleicher Höhe wie der Polarstern kulminirten. Die Beobachtungen wurden auf vier Theilkreisständen 0°, 90°, 180°, 270° vertheilt. Bei den Beobachtungen wurde das nach Sternzeit gehende Marinechronometer Kutter No. 20 benutzt, dessen Stände an jedem Abend aus Vergleichungen mit den Normaluhren der Seewarte vor und nach den betreffenden Beobachtungen ermittelt wurden.

Die Temperatur wurde zu jeder Beobachtungsreihe an dem Thermometer E. A. Zschau No. 318 abgelesen, welches ausserhalb der Kuppel im Freien aufgehängt war. Die Korrektionen desselben betrugen

bei 0°	0°0
» 10	+0.1
» 20	+0.1
» 30	0.0.

Der Barometerstand wurde aus Ablesungen vor und nach den Beobachtungen eines Abends an dem Normalbarometer Fuess No. 769 im Erdgeschosse der Seewarte abgelesen und der Stand für die einzelnen Beobachtungsreihen entsprechend der Zeit interpolirt. Da das Barometer 24 m tiefer als das Universal-Instrument sich befindet, mussten die Ablesungen um 2.4 mm verringert werden.

Ausser dem Polarstern wurden noch die untenstehenden dem Berliner Astronomischen Jahrbuche entnommenen Südsterne eingestellt, deren scheinbare Oerter unter Berücksichtigung der Aberration sind:

α Ursae minoris.

Datum	Stundenwinkel	Rekt.	Dekl.
1898 Mai 27	13^h8	$1^h21^m10^s80$	+88°45′48″33
Okt. 31	21.3	23 2.57	46 17.96
Nov. 4	21.6	23 2.00	46 19.59
1899 März 6	6.4	21 29.94	46 29.33
6	7.0	21 29.85	46 29.30
11	7.2	21 26.84	46 28.03
11	7.7	21 26.75	46 27.99
13	6.1	21 26.27	46 27.47
13	6.6	21 26.19	46 24.45
15	5.8	21 25.58	46 26.85
15	6.3	21 25.51	46 26.84
April 19	9.7	21 22.63	46 16.09
19	11.0	21 22.56	46 16.02
19	11.5	21 22.55	46 16.00
20	10.2	21 33.76	46 15.75
20	10.6	21 33.74	46 15.74
22	10.4	21 23.19	46 15.10
22	10.9	21 23.17	46 15.08
Mai 19	11.9	21 37.67	46 8.06
19	12.6	21 37.70	46 8.02
Juli 18	15.2	22 36.12	46 4.46
20	14.6	22 38.24	46 4.76
20	15.1	22 38.31	46 4.73
20	15.4	22 38.37	46 4.73
20	15.8	22 38.43	46 4.72
20	16.1	$1^h22^m38″48$	+88°46 4″71

Südsterne.

Datum	Stern	Rekt.	Dekl.
1899 Mai 13	π Bootis pr.	$14^h36^m1^s98$	+16° 50′ 49″33
	ψ Bootis	15 0 10.27	+27 20 16.19
	β Coronae bor.	15 23 43.13	+29 27 0.76
Mai 18	24 Comae Ber. sq.	12 30 6.83	+18 55 46.20
	ε Virginis	57 12.00	+11 29 51.93
	τ Bootis	13 42 30.92	+17 57 22.84
Juni 2	τ Bootis	13 42 30.86	+17 57 25.12
	α Bootis	14 11 6.39	+19 42 18.65
	π Bootis pr.	14 36 1.98	+16 50 52.68
Juli 18	γ Herculis	16 17 31.13	+19 23 25.85
	ϰ Ophiuchi	52 56.79	+ 9 31 56.46
	δ Herculis	17 10 56.37	+24 57 34.40
	α Ophiuchi	30 18.41	+12 38 4.34
Juli 21	ϰ Ophiuchi	16 52 56.78	+ 9 31 56.84
Sept. 7	ζ Aquilae	19 0 49.57	+13 43 4.50
	δ Aquilae	20 28.21	+ 2 55 3.80
	γ Aquilae	41 31.26	+10 22 20.70
Okt. 19	24 Vulpeculae	20 12 30.76	+24 22 1.90
Nov. 1	32 Vulpeculae	20 50 18.31	+27 40 54.75
	ζ Cygni	21 8 41.31	+29 49 17.35
	ε Pegasi	21 39 17.21	+ 9 25 11.45
Nov. 6	ϑ Pegasi	22 5 10.15	+ 5 42 31.90
	γ Aquarii	22 16 30.35	− 1 53 20.20
	ζ Pegasi	22 36 29.52	+10 18 45.30
	α Pegasi	22 59 47.86	+14 40 15.40
	ν Pegasi	23 20 24.43	+22 51 27.84
	ι Piscium	$23^h34^m49″65$	+ 5° 5′ 13″50

Digitized by Google

Die Beobachtungen zur Bestimmung der Polhöhe und deren Reduktionen, letztere von Dr. Messerschmitt ausgeführt, sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

α Ursae minoris.

Datum	Kreislage	Stundenwinkel	Beobachtete Zenitdistanz	Temp. Celsius und Baromet. 0°	Refraktion	Reduktion auf Meridian	Meridian-Zenitdistanzen einfach	Meridian-Zenitdistanzen aus beiden Lagen	Beobachter
1898			**Stand 0°.**						
Mai 27	O	13h 15m 54.70	37° 36′ 42.″85		+44.″97	−1° 10′ 16.″81	36° 27′ 11.″01		St.
	O	19 21.60	20.20		44.97	9 55.18	9.99		
	W	24 26.50	35 47.22	+8.°10	44.96	9 21.63	10.55	36° 27′ 10.″27	
	W	27 59.60	22.17		44.95	8 58.99	8.13	9.57	
	W	35 25.50	34 28.86	757.1 mm	44.92	8 2.31	11.47	10.53	
	W	38 50.90	1.90		44.91	7 35.72	11.09	10.43	
	O	43 16.10	33 25.16		44.89	7 0.08	9.47		
	O	46 14.90	32 59.70		44.88	6 35.21	9.37		
	O	13 51 48.40	37 32 14.07		44.97	−1 5 47.08	36 27 11.96		R.
	W	14 5 29.50	30 2.77	+7.°40	44.91	3 38.82	8.86	36 27 10.41	
	W	10 51.40	29 6.98	757.1	44.09	2 45.89	6.78	11.39	
	O	25 22.10	26 40.47		44.82	0 9.29	16.00		
Okt. 31	O	20 35 46.80	35 40 53.61		41.01	+0 45 39.93	36 27 14.55		St.
	W	44 6.30	38 30.11		40.95	47 54.98	6.04	36 27 10.29	
	W	47 30.80	37 48.44		40.93	48 35.55	4.92	8.78	
	O	51 59.80	36 51.07	+11.°50	40.90	49 40.66	12.63		
	O	54 53.80	10.90		40.89	50 22.13	13.93		
	W	21 0 17.80	34 45.72	749.3	40.85	51 38.11	4.68	9.30	
	W	3 59.30	33 52.90		40.83	22 28.69	2.42	8.90	
	O	9 55.30	32 45.37		40.82	53 49.19	15.38		
	O	21 16 55.30	35 31 16.75		40.91	+0 55 20.92	36 27 18.58		R.
	W	26 44.80	29 0.01		40.85	57 24.08	4.94	36 27 11.76	
	W	31 0.80	28 8.32		40.82	58 14.84	3.98	10.56	
	O	37 32.10	27 3.88	+10.°50	40.80	59 32.45	17.13		
	O	41 31.30	26 17.21		40.79	+1 0 17.78	15.78		
	W	47 54.80	24 59.29	749.3	40.75	1 28.13	8.17	11.98	
	W	51 25.10	22.17		40.74	2 7.45	10.36	12.00	
	O	56 9.80	23 38.32		40.72	2 54.61	13.65		
Nov. 4	O	20 59 11.40	35 35 5.73		41.73	+0 51 21.58	36 27 9.04		R.
	W	21 4 19.20	33 51.53		41.71	52 32.46	5.70	36 27 7.37	
	W	8 26.20	32 58.01		41.69	53 28.18	7.88	9.87	
	O	14 8.90	31 46.47	+7.°00	41.65	54 43.74	11.86		
	O	17 51.90	0.86		41.63	55 31.82	14.31		
	W	22 39.20	29 56.58	753.4	41.61	56 32.41	10.60	12.45	
	W	29 0.20	28 37.32		41.56	57 50.53	9.41	10.42	
	O	33 57.20	27 40.37		41.54	58 49.52	11.43		
	O	21 38 39.20	35 26 47.95		41.54	+0 59 43.96	36 27 13.45		St.
	W	43 49.70	25 41.40		41.51	+1 0 42.18	5.09	36 27 9.27	
	W	46 55.70	11.07	+6.°90	41.50	1 16.13	8.70	10.74	
	O	51 34.20	24 25.62		41.49	2 5.68	12.79		
	O	55 23.70	23 45.20	753.4	41.47	45.27	11.94		
	W	22 0 3.20	22 55.43		41.45	3 32.33	9.21	10.58	
	W	3 28.20	22.10		41.43	4 5.05	8.56	9.47	
	O	9 16.70	21 30.10		+41.41	58.85	10.36		

Digitized by Google

Datum	Kreislage	Stundenwinkel	Beobachtete Zenitdistanz	Temp. Celsius und Barometer 0°	Refraktion	Reduktion auf Meridian	Meridian-Zenitdistanzen einfach	Meridian-Zenitdistanzen aus beiden Lagen	Beobachter
				Stand 90°.					
1899 März 6	O	6h 8m 52s.51	36°30′23″.44		+44″.26	+1° 9′ 36″.26	37°40′43″.96		St.
	W	13 39.21	31 45.86		44.29	8 4.56	34.71	37°40′39″.34	
	W	17 35.21	33 2.10	+1°.60	44.33	6 49.54	35.97	38.96	
	O	25 17.71	35 35.52		44.40	4 22.02	41.94		
	O	30 21.71	37 13.68	757.5 mm	44.44	2 45.60	43.72		
	W	33 58.21	38 15.69		44.47	1 37.12	37.28	40.50	
	W	37 1.71	39 13.26		44.50	+1 0 39.30	37.06	41.03	
	O	40 50.01	40 32.96		44.53	+0 59 27.52	45.01		
	O	6 45 11.72	36 41 54.46		44.58	+0 57 53.10	37 40 32.14		R.
	W	6 49 51.92	43 17.77		44.62	56 38.22	40.61	37 40 36.38	
	W	54 38.22	44 42.76	+1°.35	44.65	55 9.38	36.79	41.81	
	O	7 0 11.22	46 35.42		44.71	53 26.70	46.83		
	O	3 28.52	47 35.00	757.0	44.74	52 26.20	45.94		
	W	9 19.52	49 6.95		44.77	50 39.22	30.94	38.44	
	W	13 8.22	50 29.60		44.81	49 30.02	44.43	47.14	
	O	17 15.92	51 54.09		44.84	48 15.54	49.86		
März 11	O	6 55 32.75	36 45 7.82		44.19	+0 54 53.40	37 40 45.41		St.
	W	7 0 51.65	46 38.59		44.23	53 15.14	37.96	37 40 41.69	
	W	4 35.25	47 46.86	+7°.20	44.25	52 6.62	37.73	41.69	
	O	9 12.45	49 19.14		44.30	50 42.20	45.64		
	O	12 22.45	50 17.48	764.8	44.33	49 44.66	46.57		
	W	16 6.95	51 17.29		44.37	48 37.04	38.70	42.63	
	W	19 53.45	52 26.49		44.39	47 29.18	40.06	42.93	
	O	24 15.35	53 50.09		44.42	46 11.30	45.81		
	O	7 27 32.98	36 54 46.97		44.54	+0 45 12.96	37 40 44.47		R.
	W	33 35.78	56 29.82		44.59	43 26.76	41.17	37 40 42.82	
	W	37 31.98	57 38.82	+6°.60	44.62	42 18.30	41.74	42.38	
	O	42 22.18	59 3.41		44.66	40 54.96	43.03		
	O	45 39.28	36 59 57.46	764.8	44.68	39 58.86	41.00		
	W	50 45.18	37 1 21.05		44.72	38 32.62	38.39	39.70	
	W	54 25.18	2 23.66		44.75	37 31.24	40.65	42.61	
	O	58 17.18	3 32.68		44.78	36 27.12	44.58		
März 13	O	5 53 52.78	36 25 36.00		44.16	+1 14 27.90	37 40 48.06		St.
	W	57 42.98	26 44.67		44.19	13 12.62	41.48	37 40 44.77	
	W	6 0 45.78	27 42.77	+6.40	44.21	12 13.98	40.96	41.84	
	O	4 38.08	28 59.00		44.25	10 59.48	42.73		
	O	7 31.18	29 54.20	771.2	44.28	10 4.02	42.50		
	W	11 13.48	31 3.43		44.30	8 52.88	40.61	41.56	
	W	14 17.68	32 4.44		44.33	7 54.00	42.77	41.56	
	O	19 53.78	33 49.15		44.38	6 6.82	40.35		
	O	6 22 45.31	36 34 46.73		44.48	+1 5 12.12	37 40 43.33		R.
	W	27 32.41	36 15.45		44.51	3 40.90	40.86	37 40 42.09	
	W	30 48.11	37 15.47	+6.00	44.53	2 38.84	38.84	41.96	
	O	35 47.21	38 54.19		44.58	1 1 4.30	43.07		
	O	39 14.31	39 56.57	771.3	44.61	0 59 59.10	40.28		
	W	42 50.51	41 7.56		44.63	58 51.20	43.39	41.84	
	W	45 39.61	42 0.51		44.66	57 58.32	43.49	42.43	
	O	49 21.81	43 7.74		44.69	56 48.94	41.37		

Digitized by Google

Datum	Kreis-lage	Stundenwinkel	Beobachtete Zenit-Distanz	Temp. Celsius und Baromet. 0°	Refrak-tion	Reduktion auf Meridian	Meridian-Zenitdistanzen einfach	Meridian-Zenitdistanzen aus beiden Lagen	Beob-achter
1899									
März 15	O	$5^h 36^m 51^s.72$	36° 20′ 4″.17		+43″.61	−1° 7′ 11″.82	35° 13′ 35″.96		St.
	W	41 5.82	21 26.11		43.64	8 33.22	36.53	35° 13′ 36″.25	
	W	44 12.12	22 27.41	+8°.00	43.67	9 32.92	38.16	37.19	
	O	48 6.72	23 40.71		43.70	10 48.18	36.23		
	O	51 3.42	24 37.99	768.5 mm	43.73	11 48.30	33.42		
	W	54 29.32	25 49.49		43.75	12 50.94	42.30	37.86	
	W	5 57 19.32	26 42.25		43.78	13 45.50	40.53	38.04	
	O	6 1 12.82	27 52.69		43.82	15 0.96	35.55		
	O	6 5 25.64	36 29 14.63		44.06	+1 10 44.80	37 40 43.49		R.
	W	10 30.34	30 51.51		44.11	9 6.96	42.60	37 40 43.04	
	W	13 33.54	31 52.02		44.13	8 8.66	44.81	41.25	
	O	19 41.54	33 42.38	+6°.70	44.15	6 11.16	37.69		
	O	22 58.34	34 43.95		44.18	5 8.48	36.61		
	W	27 56.84	36 26.34	768.6	44.23	3 33.62	44.19	40.40	
	W	31 3.84	37 29.38		44.25	2 34.38	48.01	42.47	
	O	34 30.34	38 23.56		44.31	1 29.06	36.93		

Stand 180°.

April 19	W	9 37 44.82	37 26 45.25		44.93	+0 13 24.02	37 40 54.20		St.
	O	42 33.42	27 41.64	+7°.80	44.96	12 32.10	58.70	37 40 56.45	
	O	45 14.02	28 12.12		44.98	12 3.86	60.96	56.01	
	W	48 49.22	28 39.26	760.0	44.99	11 26.80	51.05		
	W	10 55 20.89	37 19.94		45.38	2 49.86	55.18		
	O	59 35.29	37 43.93	+6°.80	45.39	2 28.48	57.80	56.49	
	O	11 3 41.79	38 3.68		45.40	2 9.05	58.13	56.75	
	W	7 39.89	38 18.39	760.0	45.41	1 51.58	55.38		
	W	11 15 34.50	37 38 49.27		45.42	+0 1 20.51	37 40 55.20		M.
	O	19 53.80	39 8.21		45.43	1 5.65	59.29	37 40 57.24	
	O	22 38.70	39 13.92	+6.80	45.44	0 56.98	56.34	56.78	
	W	27 24.80	39 28.33		45.44	0 43.43	57.21		
	W	30 48.10	39 35.17	760.0	45.44	0 34.85	55.46		
	O	34 20.20	39 44.57		45.44	0 26.93	56.94	56.20	
	O	36 13.30	39 47.89		45.45	0 23.12	56.46	57.21	
	W	39 20.80	39 55.07		45.45	0 17.45	57.97		
April 20	W	10 1 10.02	37 30 46.33		44.81	+0 9 24.20	37 40 55.34		St.
	O	5 19.92	31 25.79		44.83	8 46.22	56.84	37 40 56.09	
	O	8 5.12	31 50.38	+8°.20	44.84	8 21.79	56.99	55.70	
	W	11 53.92	32 20.70		44.86	7 48.85	54.41		
	W	15 41.93	32 53.59	757.2	44.88	7 17.07	55.54		
	O	19 46.63	33 26.67		44.90	6 44.14	55.71	55.62	
	O	22 14.43	33 46.54		44.91	6 24.84	56.29	55.16	
	W	26 11.03	34 14.22		44.93	5 54.87	54.02		
	W	10 29 43.65	37 34 42.75		44.96	+0 5 28.94	37 40 56.65		M.
	O	32 38.95	35 1.99	+7°.90	44.98	5 8.27	55.24	37 40 55.95	
	O	34 22.45	35 15.52		44.99	4 56.36	56.87	55.64	
	W	37 53.65	35 36.62		44.99	4 32.79	54.40		
	W	40 3.95	35 53.13	757.2	45.00	4 18.69	56.82		
	O	42 38.85	36 10.24		45.00	4 2.43	57.67	57.24	
	O	44 33.26	36 23.51		45.01	3 50.73	59.25	55.31	
	W	47 59.86	36 36.02		45.02	3 30.33	51.37		

Digitized by Google

Datum	Kreis-lage	Stundenwinkel	Beobachtete Zenit-Distanz	Temp. Celsius und Baromet. 0°	Refraktion	Reduktion auf Meridian	Meridian-Zenitdistanzen einfach	Meridian-Zenitdistanzen aus beiden Lagen	Beobachter
1899 April 22	W	$10^h\ 1^m 54^s.49$	37° 30′ 45″.88		+45″.88	+0° 9′ 18″.97	37° 40′ 50″.73		St.
	O	5 28.69	31 28.41		45.90	8 44.98	59.29	37° 40′ 55″.01	
	O	19 0.43	33 24.24	+3°.30	45.96	6 50.33	60.53	56.56	
	W	24 3.73	33 55.71		45.97	6 10.91	52.59		
	W	26 45.03	34 16.29	761.9 mm	45.98	5 50.71	52.98		
	O	31 0.03	34 52.73		45.99	5 19.90	58.62	55.80	
	O	33 38.03	35 10.72		46.00	5 1.47	58.19	56.16	
	W	37 26.03	35 32.28		46.02	4 35.84	54.14		
	W	10 41 21.51	37 36 0.96		46.03	+0 4 10.51	37 40 57.50		M.
	O	45 2.81	36 29.26	+3.40	46.04	3 47.79	63.09	37 40 60.29	
	O	47 30.51	36 43.88		46.05	3 33.21	63.14	58.14	
	W	51 14.51	36 55.09	762.1	46.06	3 11.98	53.13		
	W	55 15.81	37 16.40		46.06	2 50.34	52.80		
	O	10 58 53.51	37 40.97		46.07	2 31.90	58.94	55.87	
	O	11 0 47.51	37 53.88		46.08	2 22.66	62.62	60.04	
	W	3 56.01	38 3.39 durch Wolken gestört		46.08	2 8.00	57.47		
Mai 19	O	11 43 51.25	37 40 12.38		44.25	+0 0 10.68	37 41 7.31		St.
	W	47 36.25	40 9.65		44.25	0 6.30	0.20	37 41 3.76	
	W	49 40.25	40 14.05		44 25	0 4.37	2.67	4.76	
	O	52 28.25	40 20.29	+13°.20	44.25	0 2.32	6.86		
	O	54 39.25	40 20.93		44.25	0 1.17	6.35		
	W	11 58 23.25	40 18.12	758.3	44.25	0 0.11	2.48	4.42	
	W	12 0 27.25	40 18.94		44.25	0 0.08	3.27	4.95	
	O	3 14.25	40 21.95		44.25	0 0.43	6.63		
	O	12 31 32.22	37 39 40.39		44.35	+0 0 40.71	37 41 5.45		M.
	W	33 47.22	39 32.96		44.35	0 46.71	4.02	37 41 4.74	
	W	35 17.72	39 29.44	+13°.00	44.35	0 50.97	4.76	4.67	
	O	37 16.42	39 23.40		44.35	0 56.83	4.58		
	O	38 34.82	39 20.02	758.1	44.35	1 0.88	5.25		
	W	40 40.22	39 12.62		44.35	1 7.63	4.60	4.92	
	W	42 13.52	39 7.97		44.34	1 12.88	5.19	5.28	
	O	43 55.22	39 2.21		44.34	1 18.83	5.38		

Stand 270°.

Juli 18	W	15 6 20.06	37 17 40.02	+18°.25	43.01	+0 22 33.74	37 40 56.77		St.
	O	9 59.06	17 2.54		42.99	23 24.42	69.95	37 41 3.36	
	O	11 36.56	16 40.05	758.5	42.98	23 47.22	70.25	3.72	
	W	14 37.06	15 44.39		42.96	24 29.84	57.19		
Juli 20	O	14 25 18.35	37 26 26.45		42.12	+0 13 59.92	37 40 68.49		St.
	W	28 57.35	25 36.22	+26°.05	42.10	14 41.24	59.56	37 41 4.02	
	W	31 37.35	25 6.75	758.6	42.08	15 12.00	60.83	−0.20	
	O	34 33.35	24 30.31		42.07	15 46.38	58.76		
	O	36 24.85	24 9.89	+25°.75	42.10	16 8.44	60.43		
	W	42 31.65	22 57.63		42.07	17 22.62	62.32	1.37	
	W	44 45.65	22 31.20	758.6	42.06	17 50.30	63.56	0.49	
	O	50 3.35	21 18.16		42.03	18 57.22	57.41		

Digitized by Google

Datum	Kreis-lage	Stundenwinkel	Beobachtete Zenit-Distanz	Temp. Celsius und Baromet. 0°	Refrak-tion	Reduktion auf Meridian	Meridian-Zenitdistanzen einfach	Meridian-Zenitdistanzen aus beiden Lagen	Beob-achter
1899 Juli 20	O	$14^h 52^m 17^s.00$	37° 20′ 47″.48		+41″.99	+0° 19′ 25″.88	37° 40′ 55″.35		M.
	W	54 58.30	20 23.08	+25°.55	41.99	20 0.88	65.95	37° 41′ 0″.65	
	W	57 1.50	19 55.41	757.7 mm	41.98	20 27.92	65.31	—0.93	
	O	59 4.90	19 15.59		41.97	20 55.26	52.82		
	O	15 1 6.80	18 52.36		41.97	21 22.50	56.83		
	W	3 6.10	18 33.14	25.37	41.97	21 49.40	64.51	0.67	
	W	4 13.00	18 16.66	757.7	41.96	22 4.60	63.22	—0.32	
	O	6 19.60	17 40.64		41.95	22 33.54	56.13		
	O	7 48.00	17 23.86		41.95	22 55.90	61.71		
	W	9 45.50	17 1.94	25.20	41.95	23 21.10	64.99	3.35	
	W	11 11.30	16 41.40	757.7	41.94	23 41.20	64.54	0.89	
	O	13 11.60	16 5.80		41.93	24 9.50	57.23		
	O	15 14 42.75	37 15 49.07		42.00	+0 24 31.10	37 40 63.07		St.
	W	17 8.55	15 12.66	+25°.05	41.99	25 5.90	60.55	37 40 61.80	
	W	20 37.75	14 22.48	758.7	41.98	25 56.44	60.90	59.16	
	O	23 30.75	13 36.77		41.97	26 38.68	57.42		
	O	25 21.45	13 9.84		41.97	27 5.98	57.79		
	W	28 24.25	12 28.56	+24°.65	41.96	27 51.44	61.96	59.87	
	W	30 53.95	11 51.40	758.7	41.95	28 29.02	62.37	59.29	
	O	34 9.55	10 55.66		41.93	29 18.62	56.21		
	O	15 37 58.92	37 9 56.33		41.97	+0 30 17.40	37 40 55.70		M.
	W	40 5.52	9 31.15		41.96	30 50.28	63.39	37 41 —0.46	
	W	41 40.62	9 7.00		41.95	31 15.02	63.97	0.44	
	O	44 25.52	8 16.71		41.92	31 58.28	56.91		
	O	45 33.42	8 1.64		41.92	32 16.20	59.76		
	W	47 31.52	7 34.79	+24°.20	41.91	32 47.50	64.20	1.98	
	W	48 55.22	7 15.42	758.7	41.90	33 9.82	67.14	0.24	
	O	51 13.52	6 24.57		41.88	33 46.88	53.33		
	O	53 25.42	5 55.20		41.87	34 22.38	59.45		
	W	55 9.62	5 32.77		41.86	34 50.66	65.29	2.37	
	W	56 26.42	5 13.08		41.85	35 11.52	66.45	3.35	
	O	58 26.72	4 29.01		41.83	35 49.40	60.24		
	O	16 0 20.88	37 4 1.10		41.85	+0 36 15.80	37 40 58.75		St.
	W	2 57.48	3 22.11	+23°.95	41.84	36 59.10	63.05	37 41 0.90	
	W	4 53.18	2 51.54	758.7	41.83	37 31.28	64.65	1.80	
	O	8 5.18	1 52.13		41.80	38 25.02	58.95		

Südsterne.

Stand 0°.

1899	**ϑ Pegasi**								
Nov. 6	W	$-4^m 19^s.10$	47° 50′ 5″.18		+63″.16	−0′ 29″.20	47° 50′ 19″.14		St.
	O	0 58.50	49 0.32	+12°.65	63.16	0 1.49	21.99	47° 50′ 20″.56	
	O	+ 1 45.00	49 3.34	754.6 mm	63.16	0 4.80	21.70	19.84	
	W	4 43.30	50 9.73		63.16	0 34.91	17.98		
	γ Aquarii								
	W	−2 48.20	55 25 21.34		82.97	−0 11.12	55 26 13.19		St.
	O	+0 3.60	24 33.35	+12°.55	82.93	0 0.00	16.28	55 26 14.73	
	O	1 57.10	24 40.71	754.6	82.93	0 5.49	18.15	13.83	
	W	4 41.10	25 37.60		82.98	0 31.08	9.50		

Digitized by Google

Datum	Kreislage	Stundenwinkel	Beobachtete Zenitdistanz	Temp. Celsius und Baromet. 0°	Refraktion	Reduktion auf Meridian	Meridian-Zenitdistanzen einfach	Meridian-Zenitdistanzen aus beiden Lagen	Beobachter
		ζ Pegasi							
1899 Nov. 6	W	−11m50s37	43° 16′ 25″48		+53″95	−3′ 54″69	43° 14′ 4″74		M.
	O	9 26.37	16 21.32		53.95	2 29.23	6.04	43° 14′ 5″39	
	O	7 54.57	15 36.77		53.93	1 44.79	5.91	5.39	
	W	5 11.37	13 16.13		53.86	0 45.11	4.88		
	W	3 16.37	12 49.31	+12°40	53.85	0 17.95	5.21		
	O	1 1.57	12 32.68		53.84	0 1.76	4.76	4.98	
	O	+ 0 30.93	12 31.08	754.7 mm	53.84	0 0.45	4.47	4.44	
	W	2 34.93	12 41.72		53.85	0 11.17	4.40		
	W	3 54.63	12 56.99		53.85	0 25.62	5.22		
	O	5 46.43	14 46.66		53.90	0 55.57	4.99	5.10	
	O	7 17.93	15 18.03		53.92	1 29.24	2.71	4.10	
	W	9 19.23	14 57.05		53.94	2 25.50	5.49		
		***v* Pegasi**							
	W	− 3 30.19	30 41 35.00		34.13	−0 25.85	30 41 23.28		M.
	O	1 0.99	40 34.95	+11°70	34.12	0 2.18	26.89	30 41 25.08	
	O	+ 0 25.81	40 32.75	754.9	34.12	0 0.38	26.49	24.92	
	W	2 31.01	41 22.56		34.13	0 13.34	23.35		
		***s* Piscium**							
	W	− 8 8.21	48 28 33.70		64.87	−1 42.76	48 27 35.81		M.
	O	6 13.21	27 10.54		64.83	1 0.05	35.32	48 27 35.56	
	O	4 43.41	26 46.58	+11°64	64.82	0 34.64	36.76	34.97	
	W	2 21.21	26 56.97		64.81	0 8.60	33.18		
	W	+ 0 32.99	26 43.26	754.9	64.81	0 0.47	27.60		
	O	2 38.49	26 25.17		64.82	0 10.83	39.16	33.38	
	O	4 18.79	26 40.46		64.82	0 28.88	36.40	34.60	
	W	6 53.49	28 1.68		64.84	1 13.72	32.80		
		***α* Pegasi**							
	W	−10 14.92	38 54 15.99		46.33	−3 8.73	38 52 33.59		St.
	O	7 59.92	54 20.06		46.32	1 54.99	31.39	38 52 32.49	
	O	6 13.22	53 36.23		46.30	1 9.56	32.97	33.79	
	W	3 49.42	51 34.64		46.25	0 26.29	34.60		
	W	2 10.42	51 15.97		46.24	0 8.50	33.71		
	O	+ 0 17.58	52 27.89	+12°05	46.24	0 0.15	33.98	33.85	
	O	2 2.58	52 35.37		46.24	0 7.51	34.10	34.70	
	W	4 29.08	51 45.22	754.8	46.25	0 36.16	35.31		
	W	6 51.68	52 32.69		46.27	1 24.62	34.34		
	O	9 37.58	55 13.42		46.35	2 46.52	33.25	33.80	
	O	11 5.08	56 8.07		46.38	3 40.74	33.71	33.80	
	W	13 53.88	56 54.35		46.40	5 46.86	33.89		
		Stand 90°.							
		***x* Ophiuchi**							
Juli 21	W	−11 14.52	44 3 33.61		54.16	−3 29.12	44 0 58.65		St.
	O	8 34.72	1 53.93	+20°80	54.11	2 1.81	46.23	44 0 52.44	
	O	6 3.52	0 54.16	758.7	54.08	1 0.77	47.47	50.66	
	W	3 6.22	0 15.75		54.06	0 15.95	53.86		
	W	+ 1 19.98	44 0 2.11	+20°65	54.08	0 2.94	53.25	51.33	M.
	O	3 31.48	0 15.91	758.7	54.08	0 20.57	49.42		
		Wolken							

Digitized by Google

Datum	Kreis-lage	Stundenwinkel	Beobachtete Zenit-distanz	Temp. Celsius und Baromet. 0°	Refrak-tion	Reduktion auf Meridian	Meridian-Zenitdistanzen einfach	Meridian-Zenitdistanzen aus beiden Lagen	Beob-achter
1899	**ζ Aquilae**								
Sept. 7	W	− 3m13s.71	39° 48′ 44″.79		+47″.40	−0′ 18″.44	39° 49′ 43″.75		M.
	O	+ 1 19.79	48 34.60	+15°.35	47.39	0 3.13	48.86	39° 49′ 46″.30	
	O	3 30.79	48 51.80	756.2 mm	47.40	0 21.84	47.36	45.04	
	W	6 9.29	50 32.53		47.44	1 7.26	42.71		
	δ Aquilae								
	W	− 3 44.35	50 37 24.05		69.29	−0 21.07	50 37 42.27		M.
	O	1 0.35	36 9.93	+14°.95	69.27	0 1.51	47.69	50 37 44.98	
	O	+ 0 34.65	36 6.34	756.3	69.26	0 0.50	45.10	44.84	
	W	3 0.65	37 18.94		69.29	0 13.66	44.57		
	γ Aquilae								
	W	− 7 25.40	43 11 33.69		53.43	−1 32.40	43 10 24.72		M.
	O	4 24.40	9 38.29	+14°.75	53.39	0 32.57	29.11	43 10 26.91	
	O	+ 1 58.60	9 15.39	756.3	53.38	0 6.55	32.21	28.49	
	W	4 28.60	10 34.99		53.39	0 33.61	24.77		
	24 Vulpeculae								
Okt. 19	O	−10 31.19	29 13 44.82		33.21	−4 0.92	29 10 47.11		St.
	W	7 3.69	11 26.06		33.16	1 48.63	40.59		
	W	5 7.69	11 32.56		33.16	0 57.30	38.42	29 10 43.85	
	O	1 34.69	10 53.12	+7°.90	33.15	0 5.43	50.84	44.63	
	O	+ 2 43.31	11 6.09		33.15	0 16.15	53.19	46.70	
	W	9 1.81	13 34.59	769.0	33.21	2 57.58	40.22	45.69	
	W	11 36.81	15 31.98		33.24	4 53.53	41.69		
	O	15 6.81	18 2.99		33.31	8 16.62	49.68		
	32 Vulpeculae								
Nov. 1	W	− 3 24.53	25 51 57.79		28.50	−0 27.51	25 51 58.78		St.
	O	1 1.23	51 27.22	+7°.65	28.49	0 2.47	53.24	25 51 56.01	
	O	+ 0 41.47	51 28.21	760.6	28.49	0 1.13	55.57	56.50	
	W	3 40.47	52 0.89		28.50	0 31.96	57.43		
	ζ Cygni								
	W	− 7 42.23	23 45 40.57		25.93	−2 29.17	23 43 37.33		St.
	O	4 52.53	44 2.29		25.89	0 59.77	28.41	23 43 32.87	
	O	3 6.03	43 28.97	+7°.05	25.88	0 24.18	30.67		
	W	+ 0 26.47	43 8.65		25.87	0 4.90	29.62	30.15	
	W	2 12.67	43 17.25	760.5	25.88	0 12.30	30.83		
	O	5 6.87	44 11.22		25.89	1 5.77	31.34	31.08	
	ε Pegasi								
	O	−10 37.73	44 9 26.66		57.23	−3 6.62	44 7 37.27		M.
	W	7 28.43	8 33.72		57.20	1 32.30	38.62	44 7 37.95	
	W	5 56.43	7 59.53		57.18	0 58.32	38.39	38.54	
	O	2 35.13	6 32.61	+6°.57	57.14	0 11.05	38.70		
	O	+ 0 18.37	6 21.35		57.14	0 0.15	38.34		
	W	3 0.07	7 16.31	760.4	57.15	0 14.89	38.57	38.46	
	W	4 41.47	7 37.86		57.16	0 36.38	38.64	38.93	
	O	7 10.57	7 47.15		57.18	1 25.10	39.23		

Digitized by Google

Datum	Kreis-lage	Stundenwinkel	Beobachtete Zenit-Distanz	Temp. Celsius und Baromet. 0°	Refrak-tion	Reduktion auf Meridian	Meridian-Zenitdistanzen einfach	Meridian-Zenitdistanzen aus beiden Lagen	Beob-achter
				Stand 180°.					
1899		**π Bootis pr.**							
Mai 13	O	− 7m52s39	36° 43′ 9″52		+42″99	−1′ 55″76	36° 41′ 56″75		St.
	W	3 27.39	41 44.97	+10°20	42.95	0 22.32	65.60	36° 42′ 1″18	
	W	0 37.89	41 22.86	753.0 mm	42.94	0 0.74	65.14	1.72	
	O	+ 3 2.61	41 32.67		42.95	0 17.31	58.31		
		ψ Bootis							
	O	−11 32.73	26 17 14.07		28.54	−6 8.74	26 12 33.87		St.
	W	− 6 16.73	13 42.55	+9°90	28.46	1 32.46	38.55	26 12 36.21	
	W	− 4 18.23	12 54.15	753.0	28.45	0 43.45	39.15	34.75	
	O	+ 0 52.27	12 3.69		28.43	0 1.78	30.34		
	O	+ 4 44.24	26 12 56.40		28.45	0 52.65	32.20		M.
	W	8 29.44	15 0.55	+9°70	28.49	2 49.00	40.04	36.12	
	W	10 21.74	16 19.45	753.0	28.52	4 11.61	36.36	35.48	
	O	15 35.74	21 34.86		28.63	9 28.88	34.61		
		β Coronae bor.							
	O	− 3 52.16	24 6 1.32		25.85	−0 37.24	24 5 49.93		M.
	W	0 10.16	5 25.67	+9°60	25.84	0 0.07	51.44	24 5 50.68	
	W	+ 2 20.34	5 6.06	753.0	25.83	0 13.61	48.28	47.88	
	O	5 19.84	6 32.28		25.86	1 10.67	47.47		
		24 Comae Ber.							
Mai 18	W	−11 30.91	34 40 47.33		39.11	−4 17.29	34 37 9.15		St.
	O	7 21.71	38 8.31	+17°70	39.05	1 45.23	2.13	34 37 5.64	
	O	4 30.21	37 3.39	757.8	39.02	0 39.39	3.08	5.74	
	W	+ 0 45.79	36 30.58		39.01	0 1.14	8.45		
	W	+ 3 23.29	34 36 52.42		39.07	0 22.30	9.19		M.
	O	7 23.09	38 15.28	+17°30	39.10	1 50.72	3.66	6.43	
	O	9 20.49	39 13.13	757.8	39.13	2 49.38	2.88	6.41	
	W	11 50.09	41 3.14		39.17	4 32.38	9.93		
		ε Virginis							
	W	−10 54.08	42 5 32.81		51.15	−3 22.69	42 2 61.27		St.
	O	7 49.38	3 49.24	+17°10	51.09	1 44.50	55.83	42 2 58.55	
	O	5 21.08	2 51.75	757.7	51.07	0 48.87	53.95	55.64	
	W	2 9.08	2 14.18		51.05	0 7.90	57.33		
	W	+ 0 41.72	2 8.37		51.07	0 0.82	58.62		M.
	O	3 14.92	2 21.82	+16°90	51.08	0 18.01	54.89	56.76	
	O	4 42.62	2 43.16	757.7	51.09	0 37.87	56.38	57.16	
	W	7 10.62	3 34.71		51.12	1 27.89	57.94		
		τ Bootis							
	O	−13 54.60	35 40 53.49		40.79	−6 8.37	35 35 25.91		M.
	W	11 7.80	38 44.83	+16°20	40.74	3 55.97	29.60	35 35 27.76	
	W	9 40.50	37 47.53	757.6	40.72	2 58.35	29.90	27.90	
	O	6 31.60	36 6.42		40.69	1 21.20	25.91		
	O	+ 2 25.60	34 55.11		40.67	0 11.23	24.55		St.
	W	4 3.20	35 18.86	+16°00	40.68	0 31.33	28.21	26.38	
	W	6 0.20	35 56.38	757.6	40.69	1 8.71	28.36	27.66	
	O	9 24.40	37 34.82		40.73	2 48.60	26.95		

Digitized by Google

Datum	Kreis-lage	Stundenwinkel	Beobachtete Zenit-Distanz	Temp. Celsius und Baromet. 0°	Refrak-tion	Reduktion auf Meridian	Meridian-Zenitdistanzen einfach	Meridian-Zenitdistanzen aus beiden Lagen	Beob-achter
				Stand 270°.					
1899		**τ Bootis**							
Juni 2	W	−15m46s41	35° 42′ 40″.80		+40″.83	−7′ 53″.49	35° 35′ 28″.14		M.
	O	12 30.71	39 36.06		40.76	4 58.14	18.68	35° 35′ 23″.41	
	O	10 20.41	38 3.95	+18°.20	40.72	3 23.71	20.96	24.22	
	W	7 12.61	36 25.89		40.68	1 39.09	27.48	21.65	
	W	5 24.41	35 41.63	762.8 mm	40.67	0 55.73	26.57		
	O	2 8.91	34 44.89		40.63	0 8.80	16.72		
	O	+ 0 57.55	35 34 37.94		40.68	−0 1.82	16.80		St.
	W	4 23.55	35 25.03		40.70	0 36.80	28.93	22.87	
	W	6 26.55	36 6.30	+17°.85	40.72	1 19.12	27.90	24.36	
	O	9 41.55	37 39.10		40.73	2 59.00	20.83	24.49	
	O	11 50.55	39 7.26	762.8	40.79	4 27.20	20.85		
	W	15 2.55	41 58.02		40.86	7 10.74	28.14		
		α Bootis							
	W	− 8 34.02	33 52 21.49		38.21	−2 24.59	33 50 35.11		St.
	W	4 36.02	50 36.75		38.17	0 41.71	33.21	33 50 29.16	
	O	1 53.02	49 53.94	+17°.55	38.16	0 6.99	25.11	30.82	
	O	+ 0 37.98	49 50.25		38.16	0 0.79	27.62	29.76	
	W	4 3.48	50 28.32	762.8	38.17	0 32.46	34.03		
	O	8 2.98	51 53.87		38.20	−2 7.66	24.41		
		π Bootis pr.							
	O	− 9 28.97	36 43 55.61		42.52	−2 48.48	36 41 49.65		M.
	W	6 54.37	42 43.61		42.49	1 29.08	57.02		
	W	5 9.67	42 4.37		42.47	0 49.75	57.09	36 41 53.34	
	O	2 25.97	41 21.09	+17°.28	42.45	0 11.06	52.48	54.78	
	O	+ 0 59.03	41 11.51		42.44	0 1.81	52.14	55.28	
	W	4 21.63	41 51.47	762.8	42.47	0 35.52	58.42	53.83	
	W	6 0.83	42 22.01		42.48	1 7.57	56.92		
	O	8 55.83	43 37.13		42.51	2 28.91	50.73		
		γ Herculis							
Juli 18	W	− 9 28.96	34 11 50.51		38.30	−2 56.11	39 9 32.70		St.
	O	6 9.56	9 48.70	+18°.83	38.24	1 14.33	12.61	34 9 22.66	
	O	4 32.56	9 14.90	758.4	38.23	0 40.43	12.70	22.50	
	W	1 31.26	8 58.61		38.22	0 4.53	32.30		
	W	+ 1 13.94	8 52.61		38.28	0 2.98	27.90		M.
	O	3 49.74	9 8.61	+18°.47	38.28	0 28.73	18.16	23.03	
	O	5 20.04	9 32.46	758.5	38.29	0 55.75	15.00	21.66	
	W	7 38.24	10 44.29		38.32	1 54.29	28.32		
		ϰ Ophiuchi							
	W	− 9 58.60	44 2 49.11		54.66	−2 44.71	44 0 59.06		M.
	O	7 23.30	1 19.13	+17°.90	54.61	1 30.79	42.95	44 0 51.00	
	O	5 36.80	0 40.14	758.5	54.59	0 52.18	42.45	51.28	
	W	2 47.10	0 18.37		54.58	0 12.84	60.11		
	W	+ 0 17.40	0 8.92		54.64	0 0.14	63.42		St.
	O	3 8.50	0 3.21	+17°.57	54.64	0 16.34	41.51	52.46	
	O	4 50.40	0 27.27	758.6	54.65	0 38.88	43.04	52.28	
	W	8 27.40	2 5.19		54.70	1 58.37	61.52		

Digitized by Google

Datum	Kreislage	Stundenwinkel	Beobachtete Zenitdistanz	Temp. Celsius und Baromet. 0°	Refraktion	Reduktion auf Meridian	Meridian-Zenitdistanzen aus beiden Lagen	Meridian-Zenitdistanzen einfach	Beobachter
		δ Herculis							
1899 Juli 18	W	− 5m30s.66	28° 35′ 54″.26		+30″.90	−1′ 7″.13	28° 35′ 18″.03		St.
	O	2 38.56	34 52.75		30.88	0 15.44	8.19	28° 35′ 13″.11	
	O	0 36.06	34 39.27	+17°.29	30.87	0 0.82	9.32	14.56	
	W	+ 2 8.54	34 59.07		30.88	0 10.14	19.81	13.96	
	W	7 3.84	36 36.60	758.6 mm	30.91	1 50.24	17.27		
	O	9 54.14	38 16.19		30.95	3 36.49	10.65		
		α Ophiuchi							
	O	− 5 52.19	40 54 46.07		49.13	−0 59.88	40 54 35.32		M.
	W	3 30.19	54 23.07		49.12	0 21.33	50.86	40 54 43.09	
	W	1 44.79	54 6.57	+17°.13	49.11	0 5.30	50.38	42.45	
	O	+ 1 13.51	53 48.02		49.10	0 2.61	34.51	42.80	
	O	3 9.11	54 3.30	758.7	49.11	0 17.27	35.14		
	W	5 27.81	54 53.20		49.14	0 51.87	50.47		

Vereinigt man die Resultate in der letzten Kolumne der obigen Tabelle innerhalb eines jeden Sterns zu Mittelwerthen, so erhält man für die Polhöhe die folgenden Werthe:

Kreisstand	α Ursae minoris: Datum	φ	Anzahl der Einstellung.	Beobachter	Südsterne: Datum	Stern	φ	Anzahl der Einstellung.	Beobachter
0°	1898 Mai 27	53° 32′ 49″.80	8	St.	1899 Novb. 6	ϑ Pegasi	53° 32′ 52″.10	4	St.
		49.10	4	R.		γ Aquarii	54.08	4	St.
	Okt. 31	50.68	8	St.		ζ Pegasi	50.20	12	M.
		48.43	8	R.		ν Pegasi	52.84	4	M.
	Novb. 4	49.97	8	R.		ι Piscium	48.13	8	M.
		49.99	8	St.		α Pegasi	49.14	12	St.
90°	1899 März 6	50.71	8	St.	Juli 21	κ Ophiuchi	48.39	4	St.
		49.76	8	R.		»	48.17	2	M.
	» 11	49.74	8	St.	Septb. 7	ζ Aquilae	50.17	4	M.
		50.13	8	R.		δ Aquilae	48.71	4	M.
	» 13	50.10	8	St.		γ Aquilae	48.40	4	M.
		50.47	8	R.	Okt. 19	24 Vulpeculae	47.12	8	St.
	» 15	49.52	8	St.	Novb. 1	32 Vulpeculae	51.00	4	St.
		51.37	8	R.		ζ Cygni	48.72	6	St.
						ε Pegasi	49.92	8	M.
180°	April 19	47.56	8	St.	Mai 13	π Bootis pr.	50.78	4	St.
		47.14	8	M.		ψ Bootis	51.67	4	St.
	» 20	48.61	8	St.		»	51.99	4	M.
		48.22	8	M.		β Coronae bor.	50.04	4	M.
	» 22	49.02	8	St.	» 18	24 Comae Ber.	51.89	4	St.
		46.34	8	M.		» »	52.62	4	M.
	Mai 19	47.47	8	St.		ε Virginis	49.04	4	St.
		53 32 47.08	8	M.		»	48.89	4	M.
						τ Bootis	50.67	4	M.
						»	53 32 49.86	4	St.

Digitized by Google

Kreisstand	α Ursae minoris				Südsterne				
	Datum	φ	Anzahl der Einstellung.	Beobachter	Datum	Stern	φ	Anzahl der Einstellung.	Beobachter
270°	1899 Juli 18	53°32′52″.00	4	St.	1899 Juni 2	τ Bootis	53°32′48″.21	6	M.
	» 20	53.33	4	St.		»	49.03	6	St.
		54.31	4	St.		α Bootis	48.56	6	St.
		55.41	4	M.		π Bootis pr.	46.99	8	M.
		55.10	4	M.	Juli 18	γ Herculis	48.43	4	St.
		53.15	4	M.		»	48.20	4	M.
		54.79	4	St.		κ Ophiuchi	47.60	4	M.
		55.69	4	St.		»	48.83	4	St.
		55.29	4	M.		δ Herculis	48.28	6	St.
		54.17	4	M.		α Ophiuchi	53 32 47.12	6	M.
		52.42	4	M.					
		53 32 53.92	4	St.					

Fasst man die Beobachtungen auf jedem Stand zu Mittelwerthen zusammen, indem man den einzelnen Reihen ein Gewicht, entsprechend der Anzahl der Einstellungen, beilegt, so erhält man die folgenden Polhöhen:

Kreisstand	Polstern	Südstern	Standmittel
0°	53°32′49″.71	53°32′50″.30	53°32′50″.00
90	50.22	48.90	49.56
180	47.68	50.75	49.22
270	54.13	48.06	51.09
	53°32′50″.44	53°32′49″.50	**53°32′49″.97**

Betrachtet man die Unterschiede der Polhöhenwerthe aus den Nord- und Südstern-Beobachtungen auf den einzelnen Ständen, so erkennt man, dass sie der Hauptsache nach von den periodischen Theilungsfehlern des Kreises herrühren. Für die Biegung des Fernrohrs würden sie theils positive, theils negative Werthe ergeben; bei der soliden Konstruktion und der Kürze des Fernrohrs ist aber anzunehmen, dass sie, wie bei allen gebrochenen Fernrohren, ganz klein ist. Nimmt man daher in bekannter Weise die halben Differenzen als Theilungsfehler an, so erhält man die folgenden Werthe:

Stand	0°	90°	180°	270°
Theilungsfehler	±0″.30	∓0″.66	±1″.53	∓3″.03

Der letztere grössere Werth rührt zum Theil wohl mit daher, dass bei diesem Kreisstand eine ziemlich schlechte Stelle des Kreises mit benutzt wurde. Da bei 0° und 180° bezw. 90° und 270° Zenitpunkt im wesentlichen nur die Ablesungen in den Mikroskopen miteinander vertauscht erscheinen, so kann man diese beiden Gruppen in eine zusammenfassen und erhält dann für die periodischen Theilungsfehler:

Stand	0°/180°	90°/270°
Theilungsfehler	±0″.91	∓1″.84.

Nach Anbringung dieser Theilungsfehler würden die Unterschiede zwischen den Polhöhen aus den Nord- bezw. Südsternen sich sehr verringern, der Mittelwerth dagegen bleibt der gleiche.

Aus der Uebereinstimmung der Kreisstände folgt der mittlere Fehler der Polhöhe zu ±0″.41. Aus den Abweichungen der Mittelwerthe einer bei Kreis West und bei Kreis Ost gemessenen Zenitdistanz vom betreffenden Tagesmittel folgt für die Beobachtung einer Doppelzenitdistanz der mittlere Fehler:

Polstern	Südstern	Beobachter
±0″.68	±0″.66	St.
±1.63	—	R.
±0.88	±0.55	M.

Hiernach lässt sich der mittlere Fehler der Polhöhe auf ±0″.05 veranschlagen.

Digitized by Google

Es erübrigt nun noch, die Beobachtungen wegen der Schwankung der Polhöhe zu korrigiren, sie also auf die Lage des „mittleren Pols“ zu reduziren. Die Korrektionen dazu können dem „Bericht über den Stand der Erforschung der Breitenvariation am Schlusse des Jahres 1899 von Th. Albrecht“, Berlin 1900, entnommen werden, wo die Werthe der Formel

$$\varphi - \varphi_0 = +x \cos\lambda + y \sin\lambda$$

mitgetheilt sind. Diese Zahlen sind also die Reduktionen beim Uebergang von den Mittelwerthen der Polhöhe auf die momentan geltenden Werthe für einen Ort, dessen westliche Länge von Greenwich λ beträgt. Um daher umgekehrt auf den mittleren Werth der Polhöhe überzugehen, sind die entgegengesetzten Zeichen zu nehmen. — Nach Seite 7 und 8 des angeführten Berichtes erhält man für die einzelnen Stände die folgenden Korrektionen der Polhöhe:

	Korrektion auf mittlere Polhöhe		
Stand	Polstern	Südsterne	Mittel
0°	−0″.05	−0″.06	−0″.05
90	+0.06	−0.01	+0.02
180	+0.07	+0.08	+0.07
270	+0.10	+0.09	+0.10
Mittel	+0″.04	+0″.03	+0″.03

Im Mittel folgt daher +0″.03, welche, an den oben abgeleiteten Werth angebracht, für die Polhöhe des Nordthurms der Deutschen Seewarte

$$53°32'50''.00$$

gibt.

Für die Zeitbestimmungen wird jetzt ein Passagen-Instrument von Bamberg benutzt, welches im Garten der Seewarte aufgestellt ist. Dasselbe befindet sich 55.33 m nördlich und 62.94 m östlich vom Stande des Universal-Instruments im Nordthurm; daher ist die Polhöhe des Passagen-Instruments im Garten 1″.79 grösser als die des Nordthurms, und zwar

$$53°32'51''.79.$$

Digitized by Google

Digitized by Google

AUS DEM
ARCHIV DER DEUTSCHEN SEEWARTE.
XXIII. Jahrgang 1900.
Herausgegeben von der Direktion der Seewarte.

No. 4.

Dynamische Effekte der doppelten Erdbewegung auf die Atmosphäre.

Von **L. Gentil Tippenhauer**, Port au Prince.

(Mit 2 lithographirten Tafeln und mehreren im Text gegebenen Figuren.)

HAMBURG, 1900.
Gedruckt bei Hammerich & Lesser in Altona.

Digitized by Google

Digitized by Google

No. 4.

Dynamische Effekte der doppelten Erdbewegung auf die Atmosphäre.

Von **L. Gentil Tippenhauer**, Port au Prince.

Ein in relativer Ruhelage an der Erdoberfläche sich befindendes Luftelement L beschreibt als Punkt der Erdkugel im Weltenraum eine absolute Bahn, gewissermaassen in jedem Moment t geführt durch die jeweilige Resultirende R der beiden Geschwindigkeiten v und c, wo v die Geschwindigkeit der Erdrotation um ihre Achse und c die Geschwindigkeit der Erdrevolution um die Sonne bedeutet.

Die von dem Punkte L durchlaufene Spur ist eine geschlossene Kurve doppelter Krümmung; der Punkt L führt eine ungleichförmige, bald beschleunigte, bald verzögerte Bewegung aus. Die gemäss diesen Beschleunigungen auftretenden Kräfte sind im allgemeinen $p = \sqrt{p_t^2+p_n^2}$, wo $p_t = \frac{dR}{dt}$ die in Richtung der Bahnkurve wirkende Tangentialbeschleunigung, und p_n die in Richtung der ersten Hauptnormale wirkenden Normal- oder Centripetal-Beschleunigungen sind $= \frac{R^2}{k}$, wo k den Werth des Hauptkrümmungsradius repräsentirt. Die Kraft p wirkt in einer Richtung, die bestimmt wird durch den Winkel φ, den sie mit der Tangente der Bahnkurve bildet; es ist

$$tg\,\varphi = \frac{p_n}{p_t}$$

$$\text{und } cos\,\varphi = \frac{1}{\sqrt{1+tg^2\varphi}} = \frac{1}{\sqrt{1+\frac{p_n^2}{p_t^2}}} = \frac{p_t}{\sqrt{p_t^2+p_n^2}}$$

Nennen wir $cos\,(Rr)$ den Cosinus des Winkels, den das Erdloth mit der Tangente bildet, so ist die Komponente der Totalbeschleunigung in Richtung des Erdlothes gleich

$$p\,cos\,\varphi\,cos\,(Rr) = \frac{\sqrt{p_t^2+p_n^2}\cdot p_t}{\sqrt{p_t^2+p_n^2}}\,.\,cos\,(Rr)$$

oder $p_t = p_t\,cos\,(Rr)$.

Dieser Ausdruck ist analytisch zu bestimmen.

Wir unternehmen es, unter den vereinfachenden Voraussetzungen, dass alle Punkte der Erdoberfläche sich mit der gleichförmigen Geschwindigkeit $c = 29\,600$ m pro sek. in einer Kreisbahn um die Sonne bewegen.

Wir denken uns ein erstes Koordinatensystem $X_s' Y_s' Z_s'$ durch S, Sonnenzentrum, als Anfangspunkt gelegt. Die $X_s' Y_s'$-Ebene sei die Ekliptik oder Bahnebene der Erde. Die positive Z_s'-Achse sei nach Norden gerichtet, die positive X_s-Achse richte sich nach dem Herbst-Tag- und Nachtgleichenpunkte. Der positive Drehungssinn sei im Sinne der Erdbewegung; in Bezug auf die Z-Achse sei der positive Drehungssinn stets von der XY-Ebene nach Z gerechnet. Die Winkel, die die Geschwindigkeiten v und c mit den Achsen bilden, seien zur richtigen Richtungsbestimmung stets von dem positiven Ast der Koordinetenachse ab in Richtung des positiven Drehungssinnes gezählt.

Digitized by Google

Die Revolutions-Geschwindigkeit c des Erdzentrums 0 ist tangential zum Kreise $0_0 - 0_n$ gerichtet. Sie bildet mit den $X_s' Y_s' Z_s'$-Achsen folgende Winkel

$$\begin{array}{l} c \text{ mit } X_s' \ldots . \; 90° + \lambda° \\ \quad » \quad » \; Y_s' \ldots . \; \lambda° \\ \quad » \quad » \; Z_s' \ldots . \; 90° \end{array}.$$

wo λ die Länge der Sonne ist, gerechnet vom Herbst-Tag- und Nachtgleichen-Punkt in Richtung der Erdbewegung.

Von den $X_s' Y_s' Z_s'$-Ekliptik-Koordinaten gehen wir auf Aequator-Koordinaten über, indem wir die alte $X_s' Y_s'$-Ebene um die X_s-Achse um den Betrag der Schiefe der Ekliptik $= \varepsilon = 23°27'$ drehen. Wir erhalten ein neues Achsensystem $Y_s Z_s$, dessen Anfangspunkt ebenfalls im Sonnenzentrum liegt. Die neuen $X_s Y_s Z_s$-Achsen bilden mit den ursprünglichen $X_s' Y_s' Z_s'$-Achsen folgende Winkel

X_s mit		Y_s mit		Z_s mit	
X_s'	$0°$	X_s'	$90°$	X_s'	$90°$
Y_s'	$90°$	Y_s'	$\varepsilon°$	Y_s'	$270° + \varepsilon°$
Z_s'	$90°$	Z_s'	$90° + \varepsilon°$	Z_s'	$\varepsilon°$

Die Revolutions-Geschwindigkeit c bildet demnach mit dem Aequator-Koordinaten $X_s\, Y_s\, Z_s$ Winkel, deren Richtungs-Cosinusse sind

$$\begin{array}{ll} \cos(90+\lambda)\cos 0 + \cos\lambda \cos 90 + \cos 90 \cos 90 & = -\sin\lambda \\ \cos(90+\lambda)\cos 90 + \cos\lambda \cos\varepsilon + \cos 90 \cos(90+\varepsilon) & = \cos\lambda \cos\varepsilon \\ \cos(90+\lambda)\cos 90 + \cos\lambda \cos(270+\varepsilon) + \cos 90 \cos\varepsilon & = \cos\lambda \sin\varepsilon \end{array}$$

Die Projektionen der Geschwindigkeit c auf das $X_s\, Y_s\, Z_s$-Achsensystem unter Berücksichtigung, dass zum Anfangspunkt gerichtete Bewegungen —, vom Anfangspunkt weglaufende Bewegungen + sind, haben demnach folgende Beträge

$$\begin{array}{l} C_x = -\sin\lambda\, c \\ C_y = \cos\lambda\, c \cos\varepsilon \\ C_z = \cos\lambda\, c \sin\varepsilon \end{array}$$

Die Erdkugel sei in 0, dem Herbstpunkte. Das Erdzentrum bilde den Anfangspunkt eines neuen Achsensystems $X_0\, Y_0\, Z_0$. Z_0 falle mit der Rotationsachse der Erde zusammen; sie ist folgerecht parallel zur Z_s-Achse. Die neue $X_0\, Y_0$-Ebene falle mit der Aequatorebene $X_s\, Y_s$ zusammen. Die positive X_0-Richtung sei von der Sonne abgewandt und falle in Richtung des Nachtmeridians der Erdkugel. Die $X_0\, Y_0\, Z_0$-Achsen sind dann dem $X_s\, Y_s\, Z_s$-System parallel.

Bewegt sich die Erdkugel in ihrer Bahn von 0_0 nach einem Punkte 0_n, so verschiebt sich das fest mit der nicht rotirend gedachten Erde verbundene $X_0\, Y_0\, Z_0$-System stets parallel mit sich selbst. Es kommt in die neue Lage $X_n\, Y_n\, Z_n$. In dem Punkte 0_n angelangt, drehen wir das $X_n\, Y_n\, Z_n$-Achsensystem so um die Z-Rotationsachse, dass die positive X-Richtung wieder in Richtung des Nachtmeridians der Erdkugel falle. Zu diesem Zwecke müssen wir das $X_n\, Y_n\, Z_n$-System um den Betrag des Winkels λ' drehen. $\lambda' = 0_n 0_0$ ist der Rektascensionswinkel, der einer Deklination $\delta = 0_0 0_n'$ entspricht.

Bestimmen wir jetzt die Richtung, die die Rotations-Geschwindigkeit v zu den Achsen XYZ, den um den Winkel λ' gedrehten $X_n\, Y_n\, Z_n$-Koordinaten, hat. v bildet mit den XYZ-Achsen folgende Winkel:

$$\begin{array}{l} v \text{ mit } X \ldots . \; 90 + \alpha \\ \quad\quad Y \ldots . \; \alpha \\ \quad\quad Z \ldots . \; 90 \end{array}$$

Die $X_n\, Y_n\, Z_n$- resp. $X_0\, Y_0\, Z_0$- resp. $X_s\, Y_s\, Z_s$-Achsen bilden mit den XYZ-Achsen aber folgende Winkel:

X_n mit		Y_n mit		Z_n mit	
X	$\lambda'°$	X	$270^2 + \lambda'^2$	X	$90°$
Y	$90° + \lambda'°$	Y	λ'^2	Y	$90°$
Z	$90°$	Z	$90°$	Z	$0°$

Die Richtungs-Cosinusse der Geschwindigkeit v zu den XYZ- resp. $X_s\, Y_s\, Z_s$-Achsen sind demnach:

$$\begin{array}{ll} \cos(90+\alpha)\cos\lambda' + \cos\alpha \cos(90+\lambda') + \cos 90 \cos 90 & = -\sin\alpha \cos\lambda' - \cos\alpha \sin\lambda' \\ \cos(90+\alpha)\cos(270+\lambda') + \cos\alpha \cos\lambda + \cos 90 \cos 90 & = -\sin\alpha \sin\lambda' + \cos\alpha \cos\lambda' \\ \cos(90+\alpha)\cos 90° + \cos\alpha \cos 90° + \cos 90 \cos 90 & = 0. \end{array}$$

Digitized by Google

Die Komponente von v in Bezug auf die Aequator-Koordinaten sind demzufolge

$$\begin{aligned} v_x &= -v\,(\sin\alpha\cos\lambda' + \cos\alpha\sin\lambda') \\ v_y &= v\,(\cos\alpha\cos\lambda' - \sin\alpha\sin\lambda') \\ v_z &= 0. \end{aligned}$$

Die Summen der Projektionen der Geschwindigkeiten v und c sind also

$$\begin{aligned} R_x &= v_x + c_x = -v\,[\sin\alpha\cos\lambda' + \cos\alpha\sin\lambda'] - c\sin\lambda \\ R_y &= v_y + c_y = v\,[\cos\alpha\cos\lambda' - \sin\alpha\sin\lambda'] + c\cos\varepsilon\cos\lambda \\ R_z &= v_z + c_z = c\sin\varepsilon\cos\lambda. \end{aligned}$$

Die Resultirende R beider Geschwindigkeiten aus deren Projektionen bestimmt giebt

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2 + R_z^2}$$

$$R^2 = c^2 + v^2 + 2vc\left[\sin\alpha\,(\sin\lambda\cos\lambda' - \cos\varepsilon\cos\lambda\sin\lambda') + \cos\alpha\,(\sin\lambda\sin\lambda' + \cos\varepsilon\cos\lambda\cos\lambda')\right]$$

Drücken wir jetzt λ' durch λ aus. In dem Kugeldreieck $0_0 0_n 0_n''$ ist $tg\,\lambda' = \cos\varepsilon\,tg\,\lambda$, füglich

$$\cos\lambda' = \frac{1}{\sqrt{1+\cos^2\varepsilon\,tg^2\lambda}} \qquad \sin\lambda' = \frac{\cos\varepsilon\,tg\,\lambda}{\sqrt{1+\cos^2\varepsilon\,tg^2\lambda}}$$

$$R = \sqrt{c^2 + r^2 w_1^2\cos^2\varphi + \frac{2\,r w_1\cos\varphi\,c}{\sqrt{\cos^2\lambda + \cos^2\varepsilon\sin^2\lambda}}\left[(1-\cos^2\varepsilon)\sin\alpha\sin\lambda\cos\lambda + \cos\varepsilon\cos\alpha\right]} \quad \ldots\ldots (1)$$

Für v setzten wir $r\,w\cos\varphi$, wo φ die geographische Breite des Ortes L bedeutet, r der Aequatorradius der Erde und w_1 die Winkelgeschwindigkeit der Erde.

R ist der Ausdruck für die Geschwindigkeit des Punktes L in seiner absoluten Bahnkurve. Die Ableitung dieses Werthes R nach der Zeit ist gleich den auftretenden Tangential-Beschleunigungen p_t.

Die totale Ableitung der Funktion R ist, da sowohl α (Stundenwinkel von Mitternacht $\alpha = 0$ gezählt $15° = 1$ Stunde), als auch λ (Sonnenlänge) von t abhängig sind ($\lambda = 0$ zur Herbst-Tag- und Nachtgleiche $1°$ ca. $= 1$ Tag)

$$\frac{dR}{dt} = \frac{\partial R}{\partial\alpha}\cdot\frac{d\alpha}{dt} + \frac{\partial R}{\partial\lambda}\cdot\frac{d\lambda}{dt},$$

wo $\frac{dR}{\partial\alpha}$ und $\frac{\partial R}{\partial\lambda}$ die partiellen Ableitungen nach α respektive nach λ bedeuten. $\frac{d\alpha}{dt}$ und $\frac{d\lambda}{dt}$ sind die Winkel-Geschwindigkeiten der Erdrotation und der Erdrevolution.

$$\frac{d\alpha}{dt} = w_1 = \frac{2\pi}{86164} = 0.000073$$

$$\frac{d\lambda}{dt} = w_2 = \frac{2\pi}{31558151} = 0.0000002$$

86164 und 31558151 repräsentiren die Sekunden-Anzahl eines siderischen Tages respektive Jahres. Da w_2 der 365. Theil von w_1 ist, können wir das Glied $\frac{\partial R}{\partial\lambda}\cdot\frac{d\lambda}{dt}$ gegenüber $\frac{\partial R}{\partial\alpha}\cdot\frac{d\alpha}{dt}$ vernachlässigen.

Es wird demzufolge $p_t = \frac{\partial R}{\partial\alpha}\cdot\frac{d\alpha}{dt}$ oder

$$p_t = \frac{\frac{r\,w_1^2\,c\cos\varphi}{\sqrt{\cos^2\lambda + \cos^2\varepsilon\sin^2\lambda}}\left[(1-\cos^2\varepsilon)\cos\alpha\sin\lambda\cos\lambda - \cos\varepsilon\sin\alpha\right]}{\sqrt{c^2 + r^2 w_1^2\cos^2\varphi + \frac{2\,r\,w\,c\cos\varphi}{\sqrt{\cos^2\lambda + \cos^2\varepsilon\sin^2\lambda}}\left[(1-\cos^2\varepsilon)\sin\alpha\sin\lambda\cos\lambda + \cos\varepsilon\cos\alpha\right]}} \quad \ldots\ldots (2)$$

Dies ist der Ausdruck für die tangentiale Beschleunigung. Gehen wir über zur Ermittlung der Richtung eines jeweiligen Erdlothes zur Richtung der Tangente an die Bahnkurve, d. h. des Winkels (Rr).

Digitized by Google

Die Richtungs-Cosinusse der Tangente sind $\frac{R_x}{R}$, $\frac{R_y}{R}$, $\frac{R_z}{R}$. Das in einem Punkte L der Erdoberfläche (geographische Breite $= \varphi$) zum Erdmittelpunkte gezogene Loth hat die Richtungs-Cosinusse

$$-\cos\varphi\cos\alpha\ ;\qquad -\cos\varphi\sin\alpha \quad \text{und} \quad -\sin\varphi$$

bezogen auf die $X\,Y\,Z$-Koordinaten.

In Bezug auf die $X_s\,Y_s\,Z_s$-Aequatorachsen werden solche

$$\begin{aligned}
&-\cos\varphi\cos\alpha\cos\lambda' - \cos\varphi\sin\alpha\cos(90+\lambda') - \sin\varphi\cos 90\\
&-\cos\varphi\cos\alpha\cos(270+\lambda') - \cos\varphi\sin\alpha\cos\lambda' - \sin\varphi\cos 90\\
&-\cos\varphi\cos\alpha\cos 90 - \cos\varphi\sin\alpha\cos 90 - \sin\varphi\cos 0
\end{aligned}$$

oder

$$\begin{aligned}
-\cos\varphi\cos\alpha\cos\lambda' + \cos\varphi\sin\alpha\sin\lambda' &= \cos(lx)\\
-\cos\varphi\cos\alpha\sin\lambda' - \cos\varphi\sin\alpha\cos\lambda' &= \cos(ly)\\
-\sin\varphi &= \cos(lz).
\end{aligned}$$

Der Cosinus des Winkels zwischen p_t aus dem Erdloth wird demnach

$$\frac{R_x}{R}\cos(lx) + \frac{R_y}{R}\cos(ly) + \frac{R_z}{R}\cos(lz).$$

Die Komponente der Totalbeschleunigungen in Richtung des Erdlothes ist demnach

$$\frac{p_t}{R}\Big[R_x\cos(lx) + R_y\cos(ly) + R_z\cos(lz)\Big]$$

Der Klammerausdruck lautet in explizirter Form

$$\begin{aligned}
&[-v\sin\alpha\cos\lambda' - v\cos\alpha\sin\lambda' - c\sin\lambda]\ [-\cos\varphi\cos\alpha\cos\lambda' + \cos\varphi\sin\alpha\sin\lambda']\\
&+[-v\sin\alpha\sin\lambda' + v\cos\alpha\cos\lambda' + c\cos\varepsilon\cos\lambda]\ [-\cos\varphi\cos\alpha\sin\lambda' - \cos\varphi\sin\alpha\cos\lambda']\\
&+[c\sin\varepsilon\cos\lambda]\ [-\sin\varphi]
\end{aligned}$$

ausgerechnet ergiebt dieser Ausdruck

$$c\cos\varphi\,[\cos\alpha(\sin\lambda\cos\lambda' - \cos\varepsilon\cos\lambda\sin\lambda') - \sin\alpha(\sin\lambda\sin\lambda' + \cos\varepsilon\cos\lambda\cos\lambda')] - c\sin\varepsilon\sin\varphi\cos\lambda$$

λ' durch λ ausgedrückt

$$\frac{c\cos\varphi}{\sqrt{\cos^2\lambda + \cos^2\varepsilon\sin^2\lambda}}\Big[(1-\cos^2\varepsilon)\cos\alpha\sin\lambda\cos\lambda - \sin\alpha\cos\varepsilon - \sin\varepsilon\,tg\,\varphi\cos^2\lambda\sqrt{\cos^2\lambda + \cos^2\varepsilon\sin^2\lambda}\Big]$$

Die in Richtung des Erdlothes drückende Komponente der Totalbeschleunigung wird also durch folgenden Ausdruck dargestellt

$$p_{(tl)} = \frac{\begin{array}{l} rw^2c^2\cos^2\varphi\Big\{\Big[(1-\cos^2\varepsilon)\cos\alpha\sin\lambda\cos\lambda - \cos\varepsilon\sin\alpha\Big] \ldots\ldots\ldots \\ \ldots\ldots\ldots \Big[(1-\cos^2\varepsilon)\cos\alpha\sin\lambda\cos\lambda - \cos\varepsilon\sin\alpha - \sin\varepsilon\,tg\,\varphi\cos^2\lambda\Big]\sqrt{\cos^2\lambda + \cos^2\varepsilon\sin^2\lambda}\Big\} \end{array}}{c^2 + r^2w^2\cos^2\varphi + \frac{2\,rw\,c\cos\varphi}{\sqrt{\cos^2\lambda + \cos^2\varepsilon\sin^2\lambda}} - \Big[(1-\cos^2\varepsilon)\sin\alpha\sin\lambda\cos\lambda + \cos\varepsilon\cos\alpha\Big]} \quad \ldots(3)$$

Zu dem Herbst-Aequinoktium setzen wir $\lambda = 0$ und vernachlässigen die Aenderung von λ innerhalb des Verlaufes eines Tages ($1 = 60'$); der Ausdruck p_{tl} wird demnach

$$\frac{rw^2c^2\cos^2\varphi\,[\cos^2\varepsilon\sin^2\alpha + \sin\varepsilon\cos\varepsilon\,tg\,\varphi\sin\alpha]}{c^2 + r^2w^2\cos^2\varphi + \quad 2\,rw\,c\cos\varphi\cos\varepsilon\cos\alpha}$$

oder

$$\frac{\cos^2\varphi\,[\sin^2\alpha + tg\,\varepsilon\,tg\,\varphi\sin\alpha]}{\frac{c^2}{rw^2c^2\cos^2\varepsilon} + \frac{r^2w^2}{rw^2c^2\cos^2\varepsilon}\cos^2\varphi + \frac{2\,rw\,c\cos\varepsilon}{rw^2c^2\cos^2\varepsilon}\cos\varphi\cos\alpha} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots(4)$$

Digitized by Google

Am Aequator wird $\varphi = 0$. Der allgemeine Ausdruck (Formel 4) nimmt alsdann die spezielle Form an

$$\frac{\sin^2 \alpha}{\frac{1}{r w^2 \cos^2 \varepsilon} + \frac{r}{c^2 \cos^2 \varepsilon} \cos^2 \varphi + \frac{2}{w\, c \cos \varepsilon} \cos \varphi \cos \alpha}$$

r = Aequatorradius = $6\,377\,390^m$

w = Winkel-Geschwindigkeit der Erde = 0,000073.

c = Rotations-Geschwindigkeit der Erde = $29\,600^m$ pro sec.

ε = Schiefe der Ekliptik = $23°27'$.

Die senkrecht zum Horizont wirkende Beschleunigung ist demnach am Aequator =

$$\frac{\sin^2 \alpha}{34.979 + \cos \alpha} \quad \ldots\ldots (5)$$

Bei 90° resp. 270° wird diese Funktion ein Maximum. Untersuchen wir den Werth von p_{tt} unter der Voraussetzung $\alpha = 0$

$$p_{tr} = \frac{\frac{r w^2 c^2 \cos^2 \varepsilon \cos^2 \varphi}{\cos^2 \lambda + \cos^2 \varepsilon \sin^2 \lambda}\left[1 + tg\, \varepsilon\, tg\, \varphi \cos^2 \lambda \sqrt{\cos^2 \lambda + \sin^2 \lambda \cos^2 \varepsilon}\right]}{c^2 + r^2 w^2 \cos^2 \varphi + \frac{2 r w c (t - \cos^2 \varepsilon) \cos \varphi}{\sqrt{\cos^2 \lambda + \cos^2 \varepsilon \sin^2 \lambda}} \sin \lambda \cos \lambda.}$$

oder

$$\frac{1 + tg\, \varepsilon\, tg\, \varphi \cos^2 \lambda \sqrt{\cos^2 \lambda + \sin^2 \lambda \cos^2 \varepsilon}}{\left[\frac{1}{r w^2 \cos^2 \varepsilon} \cdot \frac{1}{\cos^2 \varphi} + \frac{r}{c^2 \cos^2 \varepsilon}\right]\left[\cos^2 \lambda + \cos^2 \varepsilon \sin^2 \lambda\right] + \frac{2(1 - \cos^2 \varepsilon)}{w\, c \cos^2 \varepsilon} \cdot \frac{1}{\cos \varphi} \sin \lambda \cos \lambda \sqrt{\cos^2 \lambda + \cos^2 \varepsilon \sin^2 \lambda}}$$

Nach Einsetzen der entsprechenden Zahlenwerthe

$$\frac{1 + 0.434\, tg\, \varphi \cos^2 \lambda \sqrt{\cos^2 \lambda + 0.842 \sin^2 \lambda}}{\left[\frac{34.965}{\cos^2 \varphi} + 0.009\right]\left[\cos^2 \lambda + 0.842 \sin^2 \lambda\right] + \frac{0.174}{\cos \varphi} \sin \lambda \cos \lambda \sqrt{\cos^2 \lambda + 0.842 \sin^2 \lambda}} \quad \ldots\ldots (6)$$

Am Aequator ($\varphi = 0$) wird der Ausdruck

$$p_{(tr)} = \frac{1}{34.974 (\cos^2 \lambda + 0.842 \sin^2 \lambda) + 0.174 \sin \lambda \cos \lambda \sqrt{\cos^2 \lambda + 0.842 \sin^2 \lambda}} \quad \ldots\ldots (7)$$

unter dem 45. Breitengrad

$$p_{tr} = \frac{1 + 0.434 \cos^2 \lambda \sqrt{\cos^2 \lambda + 0.842 \sin^2 \lambda}}{69.939 (\cos^2 \lambda + 0.842 \sin^2 \lambda) + 0.246 \sin \lambda \cos \lambda \sqrt{\cos^2 \lambda + 0.842 \sin^2 \lambda}} \quad \ldots\ldots (8)$$

Studiren wir die Grösse p_n, das heisst die normal zur Bahnkurve auftretende Komponente der Total-Beschleunigung.

Dieselbe ist $p_n = \frac{R^2}{k}$, wo k den Krümmungsradius darstellt. Um den Betrag dieser Grösse in seinem Einfluss in Richtung des Erdlothes zu bestimmen, müssen wir denselben mit dem Cosinus des Winkels multipliziren, der vom Erdloth und dem Krümmungs-Radius gebildet wird.

Die Koordinaten des Krümmungs-Mittelpunktes sind

$$X_k = x + k^2 \frac{d \frac{dx}{ds}}{ds} \qquad Y_k = y + k^2 \frac{d \frac{dy}{ds}}{ds} \qquad Z_k = z + k^2 \frac{d \frac{dz}{ds}}{ds},$$

wo $x\, y\, z$ die Koordinaten des zugehörigen Punktes der Kurve sind.

Die Richtungs-Cosinusse einer Linie sind, wenn $x\, y\, z$ und $x_0 y_0 z_0$ die Koordinaten zweier Punkte derselben sind, und r deren Entfernung

$$\cos \alpha = \frac{x - x_0}{r} \qquad \cos \beta = \frac{y - y_0}{r} \qquad \cos \gamma = \frac{z - z_0}{r}$$

Digitized by Google

Die Richtungs-Cosinusse des Krümmungsradius sind demgemäss

$$\frac{x+k^2\frac{d\frac{dx}{ds}}{ds}-x}{k} = k\frac{d\frac{dx}{ds}}{ds} \qquad \frac{y+k^2\frac{d\frac{dy}{ds}}{ds}-y}{k} = k\frac{d\frac{dy}{ds}}{ds} \qquad \frac{z+k^2\frac{d\frac{dz}{ds}}{ds}-z}{k} = k\frac{d\frac{dz}{ds}}{ds}.$$

Es seien $cos\,(lx)$, $cos\,(ly)$ und $cos\,(lz)$ die Richtungs-Cosinusse des Erdlothes. Die Komponente der Zentrifugalkraft in Richtung des Erdlothes ist demzufolge

$$p_{(nl)} = \frac{R^2}{k}\left[k\frac{d\frac{dx}{ds}}{ds}\cos(lx) + k\frac{d\frac{dy}{ds}}{ds}\cos(ly) + k\frac{d\frac{dz}{ds}}{ds}\cos(lz)\right]$$

es ist aber $\quad \frac{dx}{ds} = \cos\alpha \qquad \frac{dy}{ds} = \cos\beta \qquad \frac{dz}{ds} = \cos\gamma$

wo α, β und γ die Winkel sind, die die Tangente im Punkte $x\,y\,z$ mit den Koordinaten-Achsen bilden.

Es sind jedoch deshalb:

$$\cos\alpha = \frac{R_x}{R} \qquad \cos\beta = \frac{R_y}{R} \qquad \cos\gamma = \frac{R_z}{R}$$

und

$$p_{(nl)} = R^2\left[d\frac{\frac{R_x}{R}}{ds}\cos(lx) + d\frac{\frac{R_y}{R}}{ds}\cos(ly) + d\frac{\frac{R_z}{R}}{ds}\cos(lz)\right]$$

oder

$$R^2\left[\frac{d\frac{\frac{R_x}{R}}{dt}}{\frac{ds}{dt}}\cos(lx) + \frac{d\frac{\frac{R_y}{R}}{dt}}{\frac{ds}{dt}}\cos(ly) + \frac{d\frac{\frac{R_z}{R}}{dt}}{\frac{ds}{dt}}\cos(lz)\right] =$$

$$= \frac{R^2}{\frac{ds}{dt}}\left[\frac{R\frac{dR_x}{dt} - R_x\frac{dR}{dt}}{R^2}\cos(lx) + \frac{R\frac{dR_y}{dt} - R_y\frac{dR}{dt}}{R^2}\cos(ly) + \frac{R\frac{dR_z}{dt} - R_z\frac{dR}{dt}}{R^2}\cos(lz)\right]$$

$$\frac{ds}{dt} = R$$

$$p_{nl} = \frac{1}{R}\left[R\left(\frac{dR_x}{dt}\cos(lx) + \frac{dR_y}{dt}\cos(ly) + \frac{dR_z}{dt}\cos(lz)\right) - \frac{dR}{dt}\left(R_x\cos(lx) + R_y\cos(ly) + R_z\cos(lz)\right)\right]$$

multipliziren wir das 2. Glied mit $\frac{K}{R}$, so kommt der Ausdruck auf die Form

$$p_{nl} = \frac{1}{R}\left[R\left(\frac{dR_x}{dt}\cos(lx) + \frac{dR_y}{dt}\cos(ly) + \frac{dR_z}{dt}\cos(lz)\right) - R\frac{dR}{dt}\left(\frac{R_x}{R}\cos(lx) + \frac{R_y}{R}\cos(ly) + \frac{R_z}{R}\cos(lz)\right)\right]$$

oder

$$p_{nl} = \left(\frac{dR_x}{dt}\cos(lx) + \frac{dR_y}{dt}\cos(ly) + \frac{dR_z}{dt}\cos(lz)\right) - \frac{dR}{dt}\left(\frac{R_x}{R}\cos(lx) + \frac{R_y}{R}\cos(ly) + \frac{R_z}{R}\cos(lz)\right)$$

oder, da der 2. Theil dieses Ausdruckes nichts anderes darstellt, als die Komponente der Tangential-Beschleunigung p_t in Richtung des Erdlothes p_{tr}

$$p_{nl} = \left(\frac{dR_x}{dt}\cos(lx) + \frac{dR_y}{dt}\cos(ly) + \frac{dR_z}{dt}\cos lz\right) - p_{tr} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (9)$$

Digitized by Google

Untersuchen wir den Werth und die Bedeutung des ersten Gliedes.

$$R_x = -v \sin\alpha \cos\lambda' - v \cos\alpha \sin\lambda' - c \sin\lambda$$
$$R_y = v \cos\alpha \cos\lambda' - v \sin\alpha \sin\lambda' + c \cos\varepsilon \cos\lambda$$
$$R_z = c \sin\varepsilon \cos\lambda$$

$$\frac{dR_x}{dt} = \frac{\partial R_x}{\partial \alpha} \cdot \frac{d\alpha}{dt} + \frac{\partial R_y}{\partial \lambda} \cdot \frac{d\lambda}{dt} \qquad \text{wobei } \frac{d\alpha}{dt} = w_1 \qquad \frac{d\lambda}{dt} = w_2$$

$$\frac{dR_x}{dt} = \left[-v\cos\alpha\cos\lambda' + v\sin\alpha\sin\lambda'\right] w_1 + w_2\left[-v\sin\alpha\, d(\cos\lambda') - v\cos\alpha\, d(\sin\lambda') - c\cos\lambda\right]$$
$$\frac{dR_y}{dt} = \left[-v\sin\alpha\cos\lambda' - v\cos\alpha\sin\lambda'\right] w_1 + w_2\left[-v\cos\alpha\, d(\cos\lambda') - v\sin\alpha\, d(\sin\lambda') - c\cos\varepsilon\sin\lambda)\right]$$
$$\frac{dR_z}{dt} = -w_2 c \sin\varepsilon \sin\lambda$$

$\frac{dR_x}{dt}\cos(lx) + \frac{dR_y}{dt}\cos(ly) + \frac{dR_z}{dt}\cos(lz)$ wird:

$$\begin{aligned}
&[-vw_1\cos\alpha\cos\lambda' + vw_1\sin\alpha\sin\lambda'][-\cos\varphi\cos\alpha\cos\lambda' + \cos\varphi\sin\alpha\sin\lambda'] \\
&+[-vw_2\sin\alpha\, d(\cos\lambda') - vw_2\cos\alpha\, d(\sin\lambda') - cw_2\cos\lambda][-\cos\varphi\cos\alpha\cos\lambda' + \cos\varphi\sin\alpha\sin\lambda'] \\
&+[-vw_1\sin\alpha\cos\lambda' - vw_1\cos\alpha\sin\lambda'][-\cos\varphi\cos\alpha\sin\lambda' - \cos\varphi\sin\alpha\cos\lambda'] \\
&+[vw_2\cos\alpha\, d(\cos\lambda') - vw_2\sin\alpha\, d(\sin\lambda') - cw_2\cos\varepsilon\sin\lambda][-\cos\varphi\cos\alpha\sin\lambda' - \cos\varphi\sin\alpha\cos\lambda'] \\
&+w_2 c\sin\varepsilon\sin\lambda\sin\varphi
\end{aligned}$$

ausgerechnet ergiebt dieser Ausdruck

$$\begin{aligned}
&vw\cos\varphi + vw_2\cos\varphi\,[d\sin\lambda'\cos\lambda' - d\cos\lambda'\sin\lambda'] \\
&-cw_2\cos\varphi\sin\alpha\,[\sin\lambda'\cos\lambda - \cos\varepsilon\sin\lambda\cos\lambda'] \\
&+cw_2\cos\varphi\cos\alpha\,[\cos\lambda'\cos\lambda + \cos\varepsilon\sin\lambda\sin\lambda'] \\
&+cw_2\sin\varphi\sin\varepsilon\sin\lambda
\end{aligned}$$

und nach Einsetzung der Werthe λ' ausgedrückt durch λ

$$rw_1^2\cos^2\varphi\left[1 + \frac{w_2}{w_1}\cos\varepsilon\,\frac{1-\cos^2\varepsilon\, tg^2\lambda}{\cos^2\lambda\,[1+\cos^2\varepsilon\, tg^2\lambda]^2}\right] + \frac{cw_2\cos\varphi}{\sqrt{1+\cos^2\varepsilon\, tg^2\lambda}}\left[\cos\alpha\,(\cos\lambda + \cos^2\varepsilon\sin\lambda\, tg\,\lambda)\right]$$

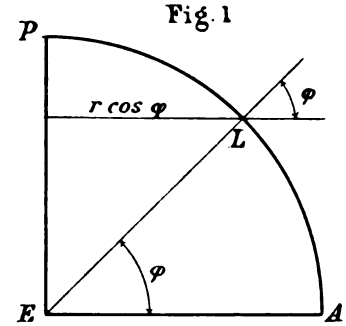
oder in anderer Schreibweise:

$$rw_1^2\cos^2\varphi + rw_1 w_2\cos\varepsilon\cos^2\varphi\,\frac{\cos^2\lambda - \cos^2\varepsilon\sin^2\lambda}{[\cos^2\lambda + \cos^2\varepsilon\sin^2\lambda]^2} + cw_2\cos\alpha\sqrt{\cos^2\lambda + \cos^2\varepsilon\sin^2\lambda} \quad \ldots\ldots \quad (10)$$

Die Interpretation dieses Ausdruckes ist leicht.

Die durch die Rotation der Erde entstehenden Zentrifugalkräfte sind $= \frac{v^2}{r_1}$ oder $\frac{r^2w^2\cos^2\varphi}{r\cos\varphi} = rw^2\cos\varphi$.

Fig. 1



Die Komponente der Zentrifugalkraft in Richtung des Erdlothes ist demnach

$$rw^2\cos^2\varphi,$$

gleich dem ersten Gliede der Formel (10).

Die durch die Revolution der Erde entstehenden Zentrifugalkräfte sind $= \frac{c^2}{D}$, wo bei Annahme einer rein kreisförmigen Bewegung D die Erdsonnendistanz bedeutet. Dieser Krümmungsradius (Erdbahnradius) bildet mit den $X_s' Y_s' Z_s'$-Achsen die Winkel

$$\lambda^\circ \qquad 270 + \lambda^\circ \qquad 90^\circ$$

d. h. mit den $X_s' Y_s' Z_s'$-Achsen die Winkel, deren Cosinusse $\cos\lambda$, $\cos\varepsilon\sin\lambda$ und $\sin\varepsilon\sin\lambda$ sind.

Digitized by Google

Mit dem Erdlothe bildet demnach die Zentrifugalkraft $\frac{c^2}{D}$ einen Winkel, dessen Cosinusse gleich folgenden Ausdrücken sind

$$-\cos\varphi\cos\alpha\cos\lambda\cos\lambda' + \cos\varphi\sin\alpha\sin\lambda'\cos\lambda$$
$$-\cos\varphi\cos\alpha\sin\lambda'\sin\lambda\cos\varepsilon - \cos\varphi\sin\alpha\cos\lambda'\cos\varepsilon\sin\lambda$$
$$-\sin\varphi\sin\lambda\sin\varepsilon.$$

Die Komponente der Revolutions-Zentrifugalkraft in Richtung des Erdradius ist demnach

$$\frac{c^2}{D}\Big\{-\cos\varphi\cos\alpha[\cos\lambda\cos\lambda' + \sin\lambda\sin\lambda'\cos\varepsilon] + \cos\varphi\sin\alpha[\cos\lambda\sin\lambda' - \sin\lambda\cos\lambda'\cos\varepsilon] - \sin\varphi\sin\varepsilon\sin\lambda\Big\}$$

oder

$$\frac{c^2}{D}\cdot\frac{\cos\varphi}{\sqrt{1+\cos^2\varepsilon\,tg\,\lambda}}\Big[\cos\alpha(\cos\lambda + \cos^2\varepsilon\sin\lambda\,tg\,\lambda)\Big]$$

oder

$$\frac{c}{D}\cdot c\cos\varphi\cos\alpha\sqrt{\cos^2\lambda + \cos^2\varepsilon\sin^2\lambda}$$

da aber $\frac{c}{D} = w_2$ ist, so erhalten wir

$$c\,w_2\cos\alpha\sqrt{\cos^2\lambda + \cos^2\varepsilon\sin^2\lambda}$$

Dies ist aber das 3. Glied der Formel (10). Das 2. Glied

$$rw_1 w_2\cos\varepsilon\cos^2\varphi\,\frac{\cos^2\lambda - \cos^2\varepsilon\sin^2\lambda}{[\cos^2\lambda + \cos^2\varepsilon\sin^2\lambda]^2}$$

ist also nichts anderes als die 3. Zentrifugalkraft, die dank der langgestreckten cykloidalen Form der absoluten Bahn entsteht. Wie vorauszusehen, ist diese sehr klein: $0.00008 = rw_1 w_2\cos\varepsilon$. Bei unseren ferneren Betrachtungen ist diese zu vernachlässigen.

Formel (10) wird unter Vernachlässigung des mittleren Gliedes demnach

$$= rw_1^2\cos^2\varphi + cw_2\cos\varphi\cos\alpha\sqrt{\cos^2\lambda + \cos^2\varepsilon\sin^2\lambda} - p_{tl}$$

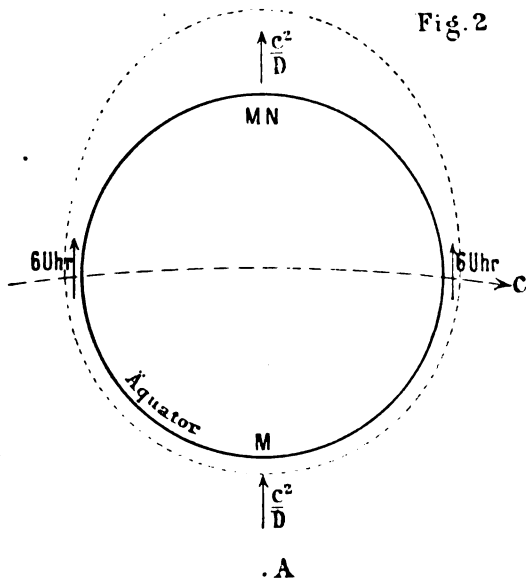
bei $\lambda = 0$ (Aequinoktium) in Zahlen und als Zentrifugal-Reaktion:

$$-0.034\cos^2\varphi - 0.006\cos\varphi\cos\alpha + p_{tl} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (11)$$

Dieser Ausdruck stellt sämmtliche Reaktionen dar, die durch die eigenthümliche Doppelbewegung der Erde senkrecht zum Horizont in einem Punkte L der Erdoberfläche auftreten. $0.034\cos^2\varphi$ ist die durch die Erdrotation erzeugte, $0.006\cos\varphi\cos\alpha$ die durch die Erdrevolution erzeugte Zentrifugalkraft, p_{tl} ist der Ausdruck der durch die zusammengesetzte Bewegung hinzutretende neue Beitrag. Er wirkt dem Sinne der Zentrifugalkräfte allgemein entgegengesetzt. Er ist eine stets drückende Kraft, wogegen $0.034\cos^2\varphi$ eine stets vom Erdzentrum abgerichtete, $0.006\cos\varphi\cos\alpha$ bald zum Erdzentrum, bald vom Erdzentrum gewandte ist.

$0.034\cos^2\varphi$ ist mit dem Stundenwinkel α nicht veränderlich, wohl aber $0.006\cos\varphi\cos\alpha$.

Fig. 2



Die Interpretation der physikalischen Wirkung der Zentrifugalkräfte könnte folgender Weise gegeben werden. In Richtung des Erdradius ist sie 0 um 6 Uhr Morgens und Abends; am grössten jedoch um Mittag und Mitternacht.

Um Mitternacht wirkt sie entgegengesetzt der Richtung zum Erdzentrum; sie wirkt dort wie eine flutherzeugende Kraft analog den anziehenden Kräften der ausserhalb der Erde gelegenen Weltkörper. Um Mitternacht erzeugt sie eine Fluth, d. h. positiven Druck. Dies erklärt auch den höheren Stand des Barometers Nachts, denn nach thermischen Gesetzen $p_t = p_0(1+\alpha t)$ sollte ja mit abnehmender Temperatur der Druck gerade abnehmen. Zur Mittagszeit tritt das Gegentheil ein: atmosphärische Ebbe, das Vorzeichen der Kraft wechselt; denn der feste Erdkörper folgt starr den Bewegungen des Schwerpunktes des Erdzentrums, dort ist $\frac{c^2}{D}$ grösser als in einem Punkte A, ausserhalb der Erde, näher der Sonne zu, dort ist c kleiner.

Digitized by Google

Tragen wir am Aequator $\varphi = 0$ zu den zentrifugalen Drucken $+\frac{\sin^2\alpha}{34.979+\cos\alpha}$ noch die zentrifugalen Reaktionen $-0.006\cos\varphi\cos\alpha$ auf, so erhalten wir den Ausdruck der dynamischen Wirkungen

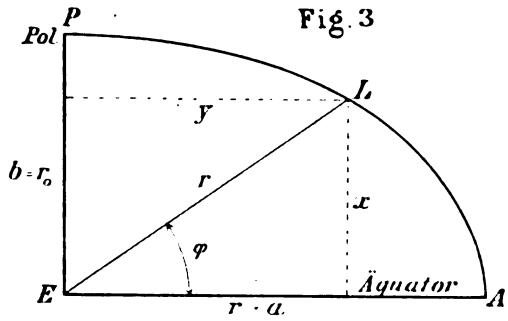
$$\frac{\sin^2\alpha}{34.979+\cos\alpha} - 0.006\cos\varphi\cos\alpha \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (12)$$

Wollen wir die Abhängigkeit der dynamischen Wirkungen von der geographischen Breite studiren, so müssen wir von der Formel (4) ausgehen unter Voraussetzung des grössten Einflusses, d. h. bei $\alpha = 90°$. Es entsteht alsdann der Ausdruck

$$p_\varphi = \frac{\cos^2\varphi + tg\,\varepsilon\sin\varphi\cos\varphi}{\frac{1}{rw^2\cos^2\varepsilon} + \frac{r}{c^2\cos^2\varepsilon}\cos^2\varphi}$$

Die beschleunigenden Kräfte p_φ greifen im Schwerpunkte der Atmosphärenmasse an. Ueber die Lage desselben unter den verschiedenen geographischen Breiten wissen wir nichts. Wir sind gezwungen, uns mit Annahmen zu begnügen; im Mittel sei die Atmosphäre ca. 80 km hoch; dank der Zentrifugalkraft der Erde stehe sie am Aequator höher als an den Polen. Der Schwerpunkt sei am Pol ca. 10, am Aequator ca. 20 km über der Erdoberfläche. Der Schwerpunkt möge auf einem Ellipsoid liegen $A-P$.

Fig. 3



$$y = \frac{b}{a}\sqrt{a^2-x^2}$$

$$r\sin\varphi = \frac{b}{a}\sqrt{a^2-r^2\cos^2\varphi}$$

$$a^2 = r^2\left(\frac{a^2}{b^2}\sin^2\varphi+\cos^2\varphi\right)$$

$$r = \frac{b}{\sqrt{\sin^2\varphi+\frac{b^2}{a^2}\cos^2\varphi}}$$

$r = \frac{r_0}{\sqrt{\sin^2\varphi+0.990\cos^2\varphi}}$, wo $r_0 = 6.356\,500^m$ der kleine Erdhalbmesser ist.

Formel (4) erhält demzufolge die Form

$$p_\varphi = \frac{\cos^2\varphi+0.43378\sin\varphi\cos\varphi}{35.079\sqrt{\sin^2\varphi+0.99\cos^2\varphi}+0.00832\frac{\cos^2\varphi}{\sqrt{\sin^2\varphi+0.99\cos^2\varphi}}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (13)$$

(bei $\lambda = 0$, $\alpha = 90°$).

Wollen wir von den Beschleunigungen auf die Drucke übergehen, so haben wir dieselben mit den Massen, die jeweilig beschleunigt werden, zu multipliziren. Leider haben wir über die Vertheilung der Massen der Atmosphäre über unserer Erdkugel keine Kenntnisse.

Wir setzen immerhin die Masse gemäss ihrer Definition proportional ihrem Gewichte G.

$M = \frac{G}{g-\gamma}$, wo g die Gravitationskonstante ist, und γ die Zentrifugalkraft-Komponente in Richtung des Erdlothes $= 0.034\cos^2\varphi$, $g = 9.806 - 0.025\cos^2\varphi$.

Die Gewichte G sind proportional den gemessenen Atmosphärendrucken b bei gleichen Volumina und Temperaturen. Leider wissen wir über das Volumen der Luft über dem Horizonte ebenfalls nichts. Die Dichte ist bei gleichen Volumen dem Druck eines Gases proportional. Die Dichte steht aber bei konstantem Volumen, wie wir es unter ein und demselben Breitengrad wohl annehmen dürfen, zu den Temperaturen in folgendem Verhältniss $\Delta_t = \Delta_0(1+\alpha t)$.

Die Drucke b sind also auch den Temperaturen proportional $b_t = u_1\Delta_0(1+\alpha t)$, demnach auch die Gewichte $G_t = u_2 u_1 \Delta_0(1+\alpha t)$, $G_0 = u_2 u_1 \Delta_0$, d. h. $G_t = G_0(1+\alpha t)$. $\alpha = 0.00367$. G_0 sei der auf 0° reduzirte Druck der Atmosphäre am Aequator.

Digitized by Google

Am Aequator ist der mittlere Barometerstand 760 mm bei 27° mittlerer Jahres-Temperatur; G_0 wird demnach bei dem spezifischen Gewicht 13.59 für Quecksilber

$$\frac{0.760 \times 13.590}{1+0.00367+27} = \frac{10328}{1.0919} = 9397\,\text{kg} = G_0$$

Unter Voraussetzung also, dass über unserer Erdkugel die Atmosphäre bei gleichen Temperaturen gleiche Dichten und Volumina habe, wird der Ausdruck der Masse

$$= \frac{9397\,(1+0.00367\,t)}{9.806-0.025\,cos^2\varphi-0.034\,cos^2\varphi} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (14)$$

wobei als mittlere Temperaturen unter den verschiedenen geographischen Breiten folgende Werthe gelten mögen:

φ = Breite:	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
t =	27°	25°	22°	20°	15°	10°	0°	−10°	−20°	−30°.

Am Aequator wird dieser Ausdruck

$$M_{\varphi=0} = \frac{9397\,(1+0.00367\,.\,27)}{9.747} = 1059 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (14a)$$

Da jedenfalls dank der Zentrifugalkräfte am Aequator grössere Atmosphärenmassen sich befinden müssen als an den Polen, werden die mit dem Massenwerth (Formel 14) multiplizirten Beschleunigungen für nördliche Breiten wohl etwas zu grosse Werthe ergeben.

Wollen wir von dem durch die Theorie erhaltenen Drucke auf die barometrischen Amplituden übergehen, so müssen wir dieselben dividiren durch 13590. In mm ausgedrückt, erhalten wir demnach die Amplituden aus der Beziehung

$$a^{mm} = 0.0736 \times M \times p \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (15)$$

Es ist höchst wahrscheinlich, dass um ganz kleine Beträge die theoretischen Amplituden die praktisch gemessenen übertreffen werden, da ein kleiner Bruchtheil der dynamischen Kräfte sich in thermischen Effekten verlieren wird. Um mit den praktisch gemessenen Amplituden in Uebereinstimmung zu gelangen, müssen wir die theoretischen mit einem Erfahrungsfaktor μ multipliziren, der stets kleiner als 1 ist:

$$a_p = \mu\,.\,0.0736 \times M \times p.$$

Dank der Trägheit der Kräfte werden jedenfalls Verzögerungen in dem Eintreten der Wirkungen zu verzeichnen sein. Da die thermischen Effekte der einwelligen Sonnenwirkung sich um ca. 3 Stunden verzögern, werden wir höchst wahrscheinlich eine solche auch in dem Auftreten der Wirkungen der dynamischen Kräfte nachweisen können; zu den Werthen α und λ müssen die Werthe X und Y hinzugefügt werden, gleich dem Werthe der praktisch gemessenen Phasen-Verschiebungen.

* * *

Gehen wir zur Diskussion der erhaltenen Resultate über.

Wir diskutiren die erhaltenen theoretischen Resultate an der Hand der gesammelten Erfahrungs-Resultate, wie sie in den vorzüglichen Schriften Prof. Dr. Hann's niedergelegt worden sind:

„Untersuchungen über die tägliche Oscillation des Barometers", Wien 1889.

„Weitere Untersuchungen über die tägliche Oscillation des Barometers", Wien 1892.

„Weitere Beiträge zu den Grundlagen für eine Theorie der täglichen Oscillation des Barometers", Wien 1898. Meteorologische Zeitschrift.

Hann zerlegte die Funktionen der beobachteten Barometerdrucke in eine Summe zweier Funktionen, deren erste eine einmalige Schwingung und deren zweite eine zweimalige Welle innerhalb 24 Stunden zeigt. Er brachte die Funktionen der abgelesenen Barometerdrucke nach harmonischer Analyse auf die Form

$$b = a_1\,sin\,(A_1 + n\,x) + a_2\,sin\,(A_2 + n\,x)$$

wo a_1 und a_2 die Amplituden uud A_1 und A_2 die Phasen-Verschiebungen bedeuten; α ist der jeweilig entsprechende Stundenwinkel, $\alpha = 15° = 1$ Stunde. Die so bestimmten Konstituenten a_1 und A_1 der ein-

Digitized by Google

maligen Oscillation sind höchst variabel, dagegen nehmen die Konstituenten der doppelten täglichen Oscillation einen derartig regelmässigen Verlauf, dass man letztere bereits als eine Funktion der geographischen Breite und als eine Funktion des Standes der Erde in ihrer Bahn erkannt hat. In der Nähe des Aequators, wo die Erscheinung der doppelten Schwingung am schärfsten auftritt, ist die doppelte tägliche Welle die Haupterscheinung, kaum kennt man dort noch das Vorhandensein einer anderen Periode. Die einmalige tägliche Oscillation rührt nach Hann offenbar von thermischen Effekten des Sonnenkörpers her, die ihrerseits beeinflusst sind von den lokalen Verhältnissen, dem Feuchtigkeitsgehalt der Luft etc.

Aus den Rechnungen Hann's geht hervor:

1) Die ganztägige Oscillation hat unter dem Aequator eine Amplitude von rund 0.3 mm ($^1/_3$ der Amplitude der halbtägigen Barometerschwankung); in mittleren Breiten wird sie klein, kaum 0.15 mm.

Sowohl die Winkelkonstante (A_1), die Phasenzeiten sowie die Amplitude (a_1) der ganztägigen Barometerschwankung haben dieselbe jährliche Periode wie die entsprechenden Elemente der doppelten täglichen Oscillation. Die Fluthzeit fällt gegen $A_1 = 5°$ d. h. $5^h 40^m$ a. m., jedoch schwankt die Winkelkonstante um ganz beträchtliche Werthe, sodass der Einfluss ganz charakteristischer Störungen erkannt werden kann.

2) Die halbtägige Barometer-Oscillation, die doppelte tägliche Druckwelle, wie sie so schön mit fast symmetrischen Wellenzügen in den Aufzeichnungen kontinuirlich registirender Barometer an den aequatornahen Stationen Tag für Tag zur unmittelbaren Anschauung kommt, in mittleren und höheren Breiten aber in der unmittelbaren Erscheinung örtlich fast nicht mehr zu erkennen ist, ja ganz unterdrückt erscheinen kann, unterliegt ganz einfachen Gesetzen, wird in Amplitude und Phasenzeit von der Witterung nicht beeinflusst und erinnert durch die Konstanz dieser Elemente unter gleicher Breite und durch ihre gesetzmässige Variation nach Jahreszeit und geographische Breite an das Verhalten kosmischer Phänomene. Die Grösse der Amplitude der halbtägigen Berometerschwankung nimmt, wie es scheint, mit zunehmender geographischer Breite nach ähnlichen Gesetzen ab, wie theoretisch die Gravitationsfluth der Ozeane.

Die Variation der Amplitude a_2 der doppelten täglichen Oscillation und der geographischen Breite φ wurde empirisch folgendermaassen festgesetzt:

$$a_2 = (0.988 - 0.573\, sin^2\varphi)\, cos^2\varphi$$

Als wahrscheinlichster Werth der Amplitude a_2 am Aequator muss jetzt 0.92 mm angesetzt werden.

Sehr bemerkenswerth ist der jährliche Gang der Grösse der Amplitude der halbtägigen Oscillation. Derselbe ist von den irdischen Jahreszeiten unabhängig, indem er in beiden Hemisphären der gleiche ist. Die Hauptmaxima treten zu den Aequinoktien ein, die Hauptminima im Juni und Juli, ein zweites, viel kleineres Minimum fällt auf Dezember und Januar. Auf beiden Hemisphären ist die Amplitude der halbtägigen Barometer-Oscillation zur Zeit des Periheliums der Erde grösser als zur Zeit des Apheliums; während des letzteren tritt das absolute Minimum derselben ein. Das ist ein kosmischer Charakterzug der doppelten täglichen Barometerschwankung.

In höheren Breiten bleiben die Phasenzeiten dieser Variation die gleichen, nur die Amplituden werden kleiner.

Die mittlere Phasenzeit der doppelten täglichen Oscillation an der Erdoberfläche ist in der Gleichung $a_2 \sin(A_2 + 2x)$ durch die Winkelkonstante $A_2 = 155°$ gegeben. Dies entspricht einer Epoche der ersten Fluth um $9^h 50^m$ a. m.

Die jährliche Periode der Phasenzeit der doppelten täglichen Oscillation ist derart, dass in beiden Hemisphären die Wendestunden etwas früher im Winter und etwas später im Sommer eintreten. Soweit die heutigen empirischen Ergebnisse.

Im folgenden werden wir nachweisen, dass die Theorie wohl alle gesammelten Erfahrungen erklärt und bestätigt.

1. Amplituden.

Am Aequator zur Zeit der Aequinoktien [siehe Formel (5), (14), (15) bei $\alpha = 90°$ (Maximum)] ist α mal der doppelten täglichen Oscillation gleich

$$0.0736 \times 1059 \times \frac{1}{34.979} = 2.25 \text{ mm}$$

Nach Formel (7) wird die Amplitude am Aequator ein Maximum bei $\lambda = 90°$

$$a = 2.6 \text{ mm}.$$

Digitized by Google

Mittlere Jahres-Amplitude am Aequator demnach circa $\frac{2.25+2.6}{2} = 2.4$ mm.

Hann setzt als Amplituden-Konstante a stets die Hälfte der ganzen Höhe der Welle

$$a = \frac{2.44}{2} = 1.22 \text{ mm}.$$

Die am Aequator gemessenen Mittelwerthe sollen nach Hann geben 0.92. Ich halte diesen Werth für etwas zu niedrig. Er könnte sehr gut = 1 mm gesetzt werden. Wird 0.92 beibehalten, so ist $\mu = 0.75$ zu setzen.

Die Uebereinstimmung des theoretischen Resultates mit dem praktisch gemessenen Werth steht in gutem Einklang. Der Maximalwerth der eintägigen Oscillation in Amplitudenmaass ist Formel (10) und (11) $= 0.006 \cos\varphi \cos\alpha$) bei $\lambda = 0°$

$$0.0736 \times 1059 \times 0.006 = 0.47 \text{ mm},$$

der Minimalwerth bei $\lambda = 90°$

$$0.0736 \times 1059 \times 0.006 \sqrt{0.842} = 0.43 \text{ mm}.$$

Der Mittelwerth ist $\frac{0.43+0.47}{2} = 0.45$ mm. Beobachtet wurden 0.3 mm, μ ist in diesem Falle 0.70.

In unseren weiteren Entwickelungen werden wir $\mu = 0.75$ setzen.

2. Jährlicher Gang der Amplituden.

Formel (7) und (8).

Wir sehen, dass die unter (7) und (8) entwickelten Funktionen stets positive Werthe ergeben. Es treten also im Jahre stets mehr oder weniger starke Drucke auf: 2 Maxima und 2 Minima, unter dem 45° tritt das Maximum zu den Aequinoktien auf, unter dem Aequator zu den Solstitien. Dies ist eine Thatsache, die die Theorie neu lehrt. Man hatte bis jetzt angenommen, dass die Maxima über die ganze Erde zur Zeit der Aequinoktien auftritt. Man braucht jedoch nur eine Barometer-Tabelle für einen Ort nahe am Aequator zu nehmen, um zu sehen, dass die tägliche Schwankung in der That im Winter am grössten wird, für Port au Prince z. B.:

1890/91	Januar .... 2.76 mm,	April ..... 2.70 mm,	Oktober ... 2.58 mm,
	Februar ... 3.04 mm,	März ..... 2.66 mm,	September . 2.26 mm.

Nördlich der Wendekreise treten die Maxima zu den Aequinoktien auf; dies stimmt mit den empirischen Ergebnissen überein; südlich der Wendekreise zu den Solstitien. Hier zeigt das theoretische Resultat Abweichungen. Nach den Wendekreisen hin werden die jährlichen Schwankungen der Amplitude am kleinsten. Die theoretischen einwelligen Jahres-Schwankungen erzeugen das grössere Minimum stets im Aphelium, die höheren Amplituden dagegen zur Zeit des Periheliums. Mit Hülfe der theoretischen Erkenntniss der dynamischen Effekte wird man künftighin die thermischen Wirkungen herausschälen und gesondert studiren können. Die konstatirten Phasen-Verschiebungen A_2 sind ein getreues Abbild der Zeitgleichung, da die doppelte und einfache Oscillation, die durch dynamische Effekte erzeugt werden, an dem siderischen Umlaufe der Erde gebunden sind.

Die eintägigen Wellen ergeben gemäss den Beobachtungen in der That Maxima zu den Aequinoktien. Minima zu den Solstitien.

3. Der tägliche Gang der dynamischen Oscillation.

Dieser ist aus Formel (12) ersichtlich ($\varphi = 0$). Wir konstatiren 2 Maxima, ein kleineres nächtliches. und ein absolutes Minimum am Tage; für Orte unter einer geographischen Breite grösser als $\varphi = 0$ wird dank des Gliedes $tg\,\varepsilon\, tg\,\varphi \sin\alpha$ (Formel 4) das zweite Maximum am Abend kleiner als das absolute Maximum am Morgen. Eine überraschendere Uebereinstimmung der theoretischen Kurve mit der thatsächlich beobachteten lässt sich wohl kaum denken. Man ersieht deutlich, dass die thermischen Einflüsse gegenüber den dynamischen ganz verschwinden. Jedenfalls müssen künftighin dynamische und thermische einwellige Oscillationen getrennt und gesondert studirt werden. In den Hann'schen Bestimmungsgliedern der eintägigen Welle scheinen beide Effekte vermischt.

Digitized by Google

4. Die Abhängigkeit von der geographischen Breite.

Formel (13), (14), (15).

$$a_\varphi = 0.75 . 0.0736 \times \frac{9397\,(1+0.00367\,t)}{9.806 - 0.025\,\cos^2\varphi - 0.034\,\cos^2\varphi} \cdot \frac{\cos^2\varphi + 0.43378\,\sin\varphi\cos\varphi}{35.079\,\sqrt{\sin^2\varphi + 0.99\,\cos^2\varphi} + 0.000822\,\frac{\cos^2\varphi}{\sqrt{\sin^2\varphi + 0.99\,\cos^2\varphi}}}$$

für Orte nördlich des Wendekreises. Innerhalb der Wendekreise muss das letzte Glied durch die allgemeine Beschleunigungs-Formel ersetzt werden $\lambda = 90°$, $\alpha = 90°$ und $r = \frac{r_0}{\sqrt{\sin^2\varphi + 0.990\,\cos^2\varphi}}$ eingeführt werden.

Wir erhalten folgende Werthe:

$\varphi = 0°$	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
0.99 mm,	0.95 mm,	0.86 mm,	0.76 mm,	0.64 mm,	0.48 mm,	0.33 mm,	0.18 mm,	0.07 mm,	0.00 mm.

Die Beobachtungen ergeben in der That für nördliche Breiten etwas geringere Beträge. Es ist dies wohl das sicherste Zeichen, dass die Masse der Atmosphäre, wie es die Theorie in der That verlangt, an dem Aequator grösser ist als an den Polen. Wir haben jetzt gewissermaassen ein Mittel an der Hand, um durch Beobachtung die Anordnung der Massen der Atmosphäre zu erforschen.

Wir sehen, dass in fast jeder Beziehung die Beobachtung mit den Postulaten der theoretischen Resultate übereinstimmt. Es läge kein erheblicher Grund vor, die aufgestellte Theorie als falsch zu erkennen. Der scheinbare Widerspruch der Theorie mit den empirischen Resultaten bezüglich der grösseren Amplituden der doppelten Oscillation zur Zeit der Aequinoktien auch zwischen den Wendekreisen scheint wegzufallen, sobald man die Rechnung durchführt unter Annahme der gesamten Bewegung unseres Planeten-Systems durch das Universum gemäss der angenommenen bekannten Bedingungen der Eigenbewegung der Sonne.

Erklärungen zu den Figuren der Tafel II.

Fig. 4. **Kurve I:** Theoretische Kurve der doppelten täglichen Oscillation für Port au Prince, September.

$$\lambda = 0,\ \varphi = 18°33',\ a \text{ in mm} = \frac{\sin^2\alpha + 0.146\,\sin\alpha}{0.635 + 0.002\,\cos\alpha}.$$

Kurve II: Kurve $0.467\,(\sin 30°21' + n\,\alpha)$ nach Hann. Gang der einwelligen Oscillation in Port au Prince, September. (Dynamische und thermische Wirkung vermischt.)

Kurve III = I + II: Theoretische Kurve des Ganges des Barometers während eines Tages im September.

Kurve IV: Wirklich beobachtete Kurve, September-Mittelwerthe 1891/1892 in Port au Prince.

Fig. 5. **Kurve I:** Wirklich beobachtete Kurve der Barometerstände, Mittelwerthe, Port au Prince, Sept. 1891/92.

Kurve II: Theoretisch konstruirte Kurve der Barometer-Schwankungen am 21. September für einen Ort $\varphi = 18°33'$ N-Br. von Port au Prince.

Zusammensetzung der dynamischen einwelligen und zweiwelligen Oscillationen.

Fig. 6. **Kurve I:** Theoretisch berechnete Schwankung der Amplitude der doppelten täglichen Barometer-Oscillation im Laufe eines Jahres für einen Ort unter dem 45. Breitengrade.

Kurve II: Kurve der beobachteten Schwankungen (Mittelwerth für 47.2° N-Br. nach Hann).

Fig. 7. **Kurve I:** Wirklich beobachtete Kurve der Abnahme der maximalen Amplituden der doppelten täglichen Barometer-Oscillation mit Zunahme der geographischen Breite.

Kurve II: Theoretisch berechnete Kurve unter Annahme einer konstanten Atmosphärenmasse.

Digitized by Google

Theoretische Formel der doppelten täglichen Luftdruckschwankungen.

$$\text{Amplitude in mm:}\quad a = \mu_1 \times \frac{1}{\gamma} \times \frac{b_a \cdot \gamma\,(1+\alpha t)\cdot \mu_2}{g - c} \times$$

$$\times \frac{\dfrac{\cos^2\varphi}{\cos^2(\lambda-\lambda_0)+\cos^2\varepsilon\,\sin^2(\lambda-\lambda_0)}\Big[(1-\cos^2\varepsilon)\cos(\alpha-\alpha_0)\sin(\lambda-\lambda_0)\cos(\lambda-\lambda_0)-\cos\varepsilon\,\sin(\alpha-\alpha_0)\Big]\Big[(1-\cos^2\varepsilon)\cos(\alpha-\alpha_0)\sin(\lambda-\lambda_0)\cos(\lambda-\lambda_0)-\cos\varepsilon\,\sin\alpha-\sin\varepsilon\,tg\,\varphi\,\cos^2(\lambda-\lambda_0)\Big]\;\ldots\ldots\ldots\sqrt{\cos^2(\lambda-\lambda_0)+\cos^2\varepsilon\,\sin^2(\lambda-\lambda_0)}}{\dfrac{\sqrt{\sin^2\varphi+0.99\cos^2\varphi}}{r_0\,w^2}+\dfrac{r_0\cos^2\varphi}{c^2\sqrt{\sin^2\varphi+0.99\cos^2\varphi}}+\dfrac{2\cos\varphi}{wc}+\dfrac{1}{\sqrt{\cos^2(\lambda-\lambda_0)+\cos^2\varepsilon\,\sin^2(\lambda-\lambda_0)}}\Big[(1-\cos^2\varepsilon)\sin(\alpha-\alpha_0)\sin\lambda-\lambda_0\cos(\lambda-\lambda_0)+\cos\varepsilon\cos(\alpha-\alpha_0)\Big]}$$

a = Amplitude in mm.

μ_1 = Erfahrungs-Koefficient = 0.75, Theil der in Druck umgesetzten Beschleunigungen.

b_a = Mittlerer Barometerdruck am Aequator = 0.760 m.

γ = Gewicht 1 m^3 Quecksilber = 13590 kg.

α = 0.00367.

t = Mittlere Jahres-Temperatur des Ortes.

g = Gravitations-Konstante = $9.806 - 0.025 \cos 2\varphi$.

c = In das Erdloth fallende Komponente der Zentrifugalkraft an der Oberfläche der Erde = $0.034 \cos^2\varphi$.

μ_2 = Noch zu bestimmender Faktor der Massen-Vertheilung der Atmosphäre, ca. $(1 - 0.35 \sin\varphi)$.

φ = Geographische Breite des Ortes.

ε = Schiefe der Ekliptik = $23° 27'$.

r_0 = Schwerpunkts-Abstand der Luft vom Erdzentrum an den Polen = 6356500 m angenähert.

w = Winkel-Geschwindigkeit der Erde 0.000073.

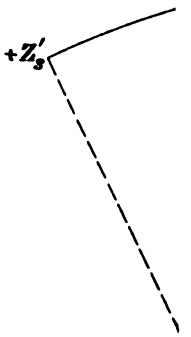
c = Mittlere Geschwindigkeit der Erde in ihrer Bahn 29600 m pro sek.

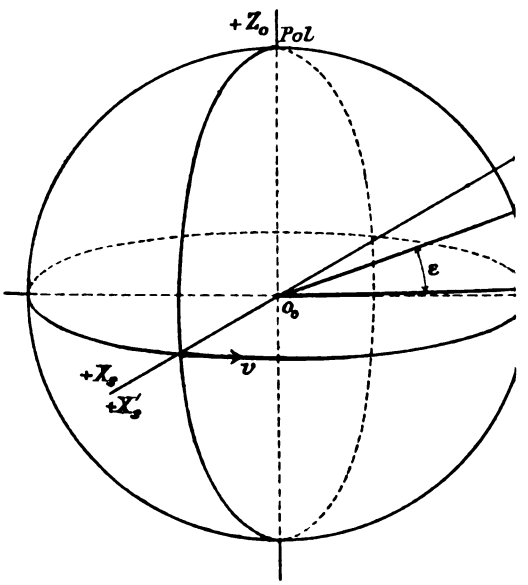
α = Stundenwinkel $15° = 1^h$ von Mitternacht an gezählt.

α_0 = Verspätung des Eintretens der Druckphänomene $3^h 40^m$, ca. = 55°.

λ = Rektascension oder Tageswinkel. $\lambda = 0$ für Herbst-Tag- und Nachtgleiche $\left(\frac{360°}{365°}\right) = 1$ Tag.

λ_0 = Verspätung des Eintretens der Druckphänomene, meist 0°.





Aut. v. Denys.

Digitized by Google

Digitized by Google

Tafel II.

Fig. 4

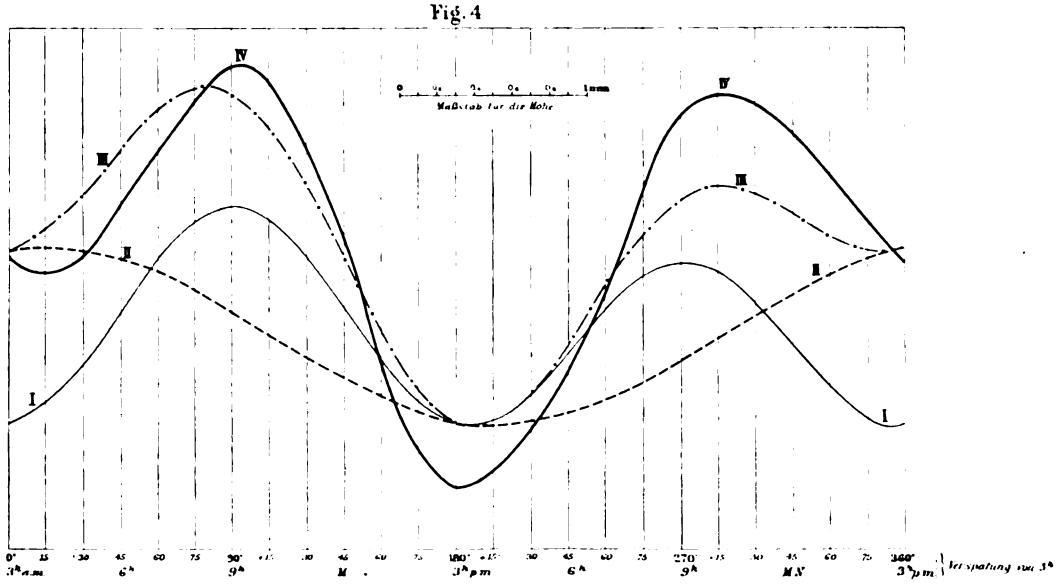


Fig. 5

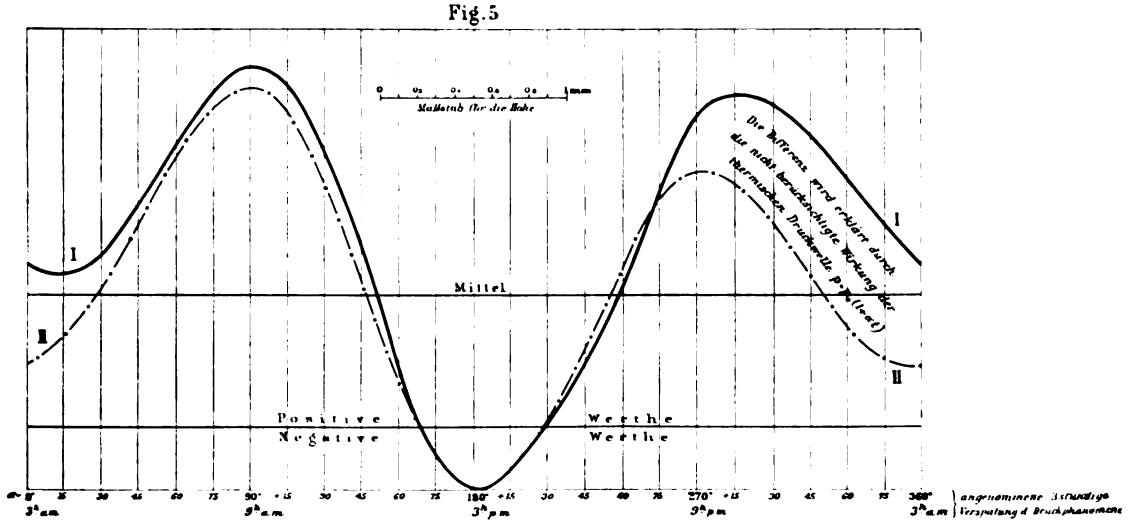
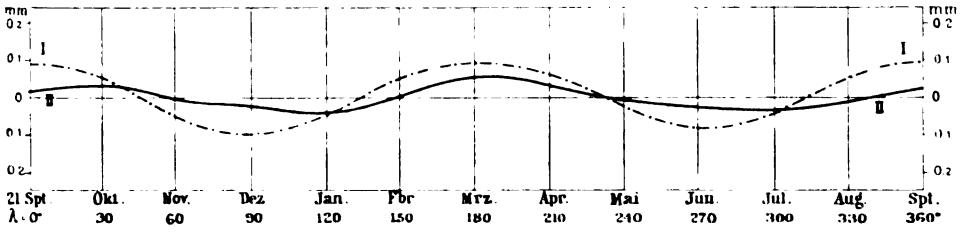


Fig. 6



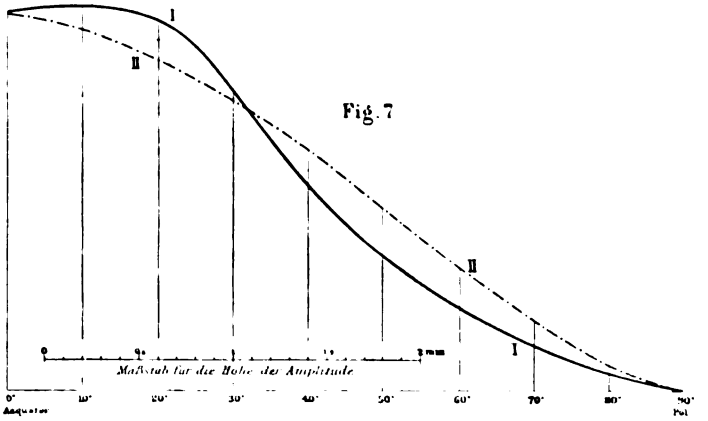


Fig. 7

Digitized by Google

Digitized by Google

AUS DEM
ARCHIV DER DEUTSCHEN SEEWARTE.
XXIII. Jahrgang 1900.
Herausgegeben von der Direktion der Seewarte.

No. 5.

Die Aenderung der Temperatur von Tag zu Tag an der deutschen Küste in den Jahren 1890/99.

Von

Dr. **L. Grossmann,**
Hamburg, Seewarte.

HAMBURG, 1900.
Gedruckt bei Hammerich & Lesser in Altona.

Digitized by Google

Digitized by Google

No. 5.

Die Aenderung der Temperatur von Tag zu Tag an der deutschen Küste in den Jahren 1890/99.

Von Dr. **L. Grossmann**, Hamburg, Seewarte.

Einleitung.

Die von der Deutschen Seewarte in den „Annalen für Hydrographie und maritime Meteorologie“ veröffentlichten Monatsberichte über das Ergebniss der meteorologischen Beobachtungen an der deutschen Küste enthalten seit Januar 1892 für die Normal-Beobachtungs-Stationen auch die monatlichen Mittelwerthe der für die drei Beobachtungs-Termine (8^a, 2^p, 8^p Ortszeit) berechneten Aenderung der Temperatur von Tag zu Tag. Hieraus erwuchs das unabweisbare Bedürfniss, für diese mittleren interdiurnen Aenderungen langjährige Mittelwerthe abzuleiten, und so ergab sich der Anlass zu der vorliegenden Studie, die naturgemäss auf einer möglichst breiten Basis angelegt wurde, um die in Betracht kommenden Verhältnisse so weit als möglich von verschiedenen Gesichtspunkten zu beleuchten.

Das Verlangen nach möglichst genauen Normalwerthen musste eine gewisse Einschränkung erfahren, da dem Verfasser neben der knappen Zeit für Privatarbeiten keine rechnerische Hülfe zur Seite stand und die Berechnung der interdiurnen Aenderungen für zehn Stationen und drei Termine am Tage für jedes einzelne Beobachtungsjahr immerhin eine gewisse Arbeitsleistung darstellt. Es lagen berechnet die Jahrgänge 1892/99 vor, die durch Neuberechnung der Jahrgänge 1890/91 auf zehn Jahre ergänzt wurden.

Einem glücklichen Zufall ist es zu danken, dass dieser Zeitraum zu Mittelwerthen geführt hat, die im Ganzen von den wahren Werthen wenig abzuweichen scheinen, soweit ähnliche, über längere Zeiträume ausgedehnte Untersuchungen zur Beurtheilung herangezogen werden können.

Ein Bedürfniss nach einer breiteren Unterlage machte sich im II. Theil der vorliegenden Untersuchung, der sich mit den Einzelwerthen der interdiurnen Temperatur-Aenderungen beschäftigt, in höherem Grade geltend und es muss in dieser Beziehung vorausgeschickt werden, dass durch Zugrundelegung längerer Beobachtungsreihen und Ausdehnung der Untersuchung auf alle Stationen der Küste, an Stelle der im II. Theil nothwendig gewordenen Beschränkung auf wenige Stationen, ein erheblich grösserer Erfolg zu verzeichnen gewesen wäre.

I. Theil:

Die Mittelwerthe der an der Küste um 8^a, 2^p, 8^p auftretenden Aenderungen der Temperatur von Tag zu Tag.

§ 1. Begriffs-Bestimmungen: Interdiurne Temperatur-Aenderung (I. T.-Ä.), interdiurne Veränderlichkeit der Temperatur (I. T.-V.), mittlere interdiurne Veränderlichkeit der Temperatur (M. I. T.-V.) interdiurne Veränderlichkeit des Tagesmittels der Temperatur.

Berechnet man für einen bestimmten Beobachtungs-Termin die Aenderung der Temperatur von einem Tag zum andern, die interdiurne Temperatur-Aenderung, für alle Tage des Monats, wobei es gleichgültig ist, ob, wie hier, der letzte Tag des vorangehenden oder aber der erste des folgenden Monats für jeden Monat zur Differenzbildung mit herangezogen wird, und dividirt die ohne Rücksicht auf die Vorzeichen gebildete Summe der Aenderungen durch die Zahl der Monatstage, so erhält man das Monatsmittel der interdiurnen Temperatur-Aenderung für den gegebenen Beobachtungs-Termin. Um die mittlere interdiurne Aenderung der Temperatur eines ganzen Tages zu erhalten, wird es, wie bei der Ableitung der Mittel-Temperatur eines Tages, vollständig genügen, die mittlere interdiurne Aenderung für 24 Stundenpunkte zu berechnen und hieraus den Mittelwerth zu nehmen. Ersetzt man die Bezeichnung „mittlere Aenderung“ durch Veränder-

Digitized by Google

lichkeit, so würde man neben der interdiurnen Temperatur-Veränderlichkeit (I. T.-V.) für jeden Termin noch die mittlere interdiurne Veränderlichkeit der Temperatur (M. I. T.-V.) haben und diese entweder aus 24 Stundenwerthen, wie angegeben, oder nach gewissen empirisch abzuleitenden Formeln aus den Einzelwerthen der gegebenen wenigen Beobachtungs-Termine zu berechnen haben. Bezeichnet man die einzelne interdiurne Aenderung zur Stunde h unabhängig vom Vorzeichen mit $[\Delta_h]$, die interdiurne Veränderlichkeit zur Zeit h hier kurz mit V_h, so ist $V_h = \frac{1}{n} \Sigma [\Delta_h]$, wo n die Anzahl der Monatstage, und es ist die mittlere interdiurne Veränderlichkeit $V_m = \frac{1}{24} \Sigma V_h$ oder $= \alpha_1 V_{h_1} + \alpha_2 V_{h_2} + \alpha_3 V_{h_3}$, wo diese drei V den Beobachtungs-Terminen entsprechen und α_1, α_2 und α_3 die empirisch bestimmten positiven Konstanten bedeuten. Wie man z. B. neben einer Januar-Temperatur für 8^a von einer Mittel-Temperatur des Januar spricht, so erscheint es nach Analogie überflüssig, von einer mittleren täglichen interdiurnen Veränderlichkeit zu sprechen.

Bei der angegebenen Berechnung der M. I. T.-V. gehen sämtliche interdiurnen Aenderungen, Δ_h, mit ihrem Betrage positiv in Rechnung und man erhält daher wirklich das Mittel der Veränderlichkeit. Diese wichtige klimatische Grösse ist indessen bisher meist in anderer Weise, nämlich als die interdiurne Veränderlichkeit der Tages-Mitteltemperatur berechnet worden, und durch solche Herleitung ist man zu einer Grösse gelangt, die eine weit weniger einfache Bedeutung besitzt. Sei nämlich das Tagesmittel der Temperatur wie gewöhnlich aus 3 Termin-Beobachtungen nach der Formel $\mu = \beta_1 \vartheta_1 + \beta_2 \vartheta_2 + \beta_3 \vartheta_3$ berechnet, wo β_1, β_2, β_3 empirisch bestimmte positive Konstanten, ϑ_1, ϑ_2, ϑ_3 die Termin-Temperaturen bezeichnen, so stellt sich die interdiurne Veränderlichkeit des Tagesmittels dar als $V'_m = \beta_1 V'_{h_1} + \beta_2 V'_{h_2} + \beta_3 V'_{h_3}$, wo $V'_h = \frac{1}{n} \Sigma \left([\Delta'_h] - [\Delta''_h] \right)$ ist; diese unterscheidet sich, von der obigen Formel für V_m, abgesehen von der fraglichen Uebereinstimmung der Koeffizienten α und β wesentlich dadurch, dass nicht alle Δ'_h additiv auftreten, sondern die Summe, wie angedeutet, einen positiven und einen negativen Theil enthält. In allen jenen Fällen, wo die Aenderung des Tagesmittels von einem Tage zum folgenden positiv ist, gehen die entsprechenden für einen oder zwei der Beobachtungs-Termine etwa negativen Δ_h unmittelbar als negative Grössen in Rechnung, und ebenso stellen sich im Falle einer Abnahme des Tagesmittels die entsprechenden etwaigen positiven interdiurnen Aenderungen zur Zeit von einem oder von zwei Terminen ebenfalls subtraktiv in Rechnung, sodass also die V'_h kleiner als die V_h und somit, da die mathematische Nichtübereinstimmung der Konstanten α und β nur einen weit kleineren Einfluss auszuüben vermag, auch die V'_m kleiner als die V_m ausfallen müssen. Die interdiurne Veränderlichkeit der Tages-Mitteltemperatur besitzt somit noch eine grosse Abhängigkeit von dem Grade der Uebereinstimmung, die den Vorzeichen der den 3 Beobachtungs-Terminen entsprechenden zusammengehörigen Δ_h zukommt. Je übereinstimmender, dem Vorzeichen nach, die Aenderungen der Temperatur von Tag zu Tag für die Beobachtungs-Termine verlaufen, um so grösser muss, unter sonst gleichen Verhältnissen, die Veränderlichkeit der Tagesmittel-Temperatur ausfallen, im anderen Falle um so kleiner. Es involvirt dieses meteorologische Element V'_m demnach als wesentlich bestimmend für seine zahlenmässige Grösse Beziehungen, die erst in zweiter Linie für die mittlere Veränderlichkeit der Temperatur in ihrem Gang von Tag zu Tag Interesse besitzen und einen so bedeutenden Einfluss erreichen können, dass sie beim Vergleich dieser Werthe V'_m von Ort zu Ort die wirklich für die interdiurne Veränderlichkeit bestehenden Verhältnisse zu verdunkeln vermögen. Wenn bei einer geringen Aenderung der Nachmittags-Temperatur die Morgen-Temperatur von einem Tag zum folgenden eine starke Zunahme und die Abend-Temperatur eine annähernd gleiche Abnahme erfährt, so wird die interdiurne Aenderung der Mittel-Temperatur im allgemeinen klein sein, während die interdiurnen Aenderungen am Morgen und Abend grosse Werthe erreichten; es dürfte jedoch, angesichts der mit der Tageszeit mehr oder weniger regelmässig wechselnden Verrichtung des Menschen kaum zweifelhaft sein, dass in einem solchen Falle die mittlere interdiurne Temperatur-Aenderung wesentlich als eine grosse empfunden werden wird, dass also die Veränderlichkeit der Tages-Mitteltemperatur für das Leben des Menschen nicht die ihr zugemuthete Bedeutung eines wirklichen Maassstabes für die Veränderlichkeit der Temperatur abgeben kann.

Während die M. I. T.-V. den Vergleich von Ort zu Ort gestattet, gilt dies für die interdiurne Veränderlichkeit der Tagesmittel im allgemeinen wohl nur für den jährlichen Gang und auch nur soweit, als die Tagesmittel nach der gleichen Formel aus den gleichen Termin-Beobachtungen abgeleitet worden sind; es

Digitized by Google

bedarf in jedem anderen Falle zunächst einer Untersuchung auf Grund wesentlich erweiterten Materials, bis zu welchem Betrage die bestehenden Abweichungen der Berechnung der Temperatur-Mittel Einfluss zu gewinnen vermögen.

Von Wahlén*) liegt ein kleiner Beitrag zur Beurtheilung des Einflusses der den Temperatur-Mitteln zu Grunde liegenden Formel auf die interdiurne Veränderlichkeit der Tagesmittel vor, indem für Barnaul unter Zugrundelegung einer 10jährigen Reihe stündlicher Temperatur-Beobachtungen die Tagesmittel der Temperatur als Mittel aus 24 Stundenwerthen, sowie nach anderen Formeln berechnet und für jede dieser Mitteltemperatur-Reihen die entsprechenden Werthe der I. T.-V. für die Monate des Jahres abgeleitet wurden. Für die Temperatur-Formeln $\frac{1}{3}(6^a+2^p+10^p)$, $\frac{1}{3}(7^a+1^p+9^p)$ und $\frac{1}{2}(10^a+10^p)$ ergab sich für die Monatswerthe der interdiurnen Veränderlichkeit dieser Tagesmittel noch ein ziemlich erheblicher Betrag von Uebereinstimmung der Werthe unter sich wie im jährlichen Gange, grössere, $^1/_2$ Grad überschreitende und ungleichartigere Abweichungen ergab die Temperatur-Formel $\frac{1}{2}(8^a+8^p)$.

Berechnet man aus den von Wahlén für die einzelnen Stunden angegebenen Werthen der I. T.-V. die M. I. T.-V. (V_m) als Mittel aus den 24 Stundenwerthen und stellt diese mit der interdiurnen Veränderlichkeit der aus 24 Stundenmitteln berechneten Tages-Mitteltemperatur (V'_m) zusammen, so gelangt man zu folgenden bedeutenden Abweichungen:

	V_m	V'_m	Δ		V_m	V_{m_1}	Δ		V_m	V_{m_1}	Δ		V_m	V'_m	Δ
I.	5.88	4.69	−1.19	IV.	3.42	2.50	−0.92	VII.	2.46	1.53	−0.93	X.	3.78	2.64	−1.14
II.	5.63	4.57	−1.06	V.	3.86	2.72	−1.14	VIII.	2.45	1.54	−0.91	XI.	5.58	4.50	−1.08
III.	4.88	3.72	−1.16	VI.	3.07	2.13	−0.94	IX.	3.23	2.24	−0.99	XII.	6.49	5.37	−1.12

Die V'_m sind ziemlich gleichmässig um circa 1° zu klein und die anderen Temperaturmittel-Formeln führen zu noch kleineren Werthen für Barnaul. Bildet man aus der interdiurnen Veränderlichkeit für 8^a, 2^p, 8^p das arithmetische Mittel, so gelangt man für Barnaul zu nur wenig zu kleinen Werthen der M. I. T.-V., indem sich für diese Monatswerthe folgende Korrektionen zur Reduktion auf die aus 24 Stundenwerthen berechnete wahre M. I. T.-V. ergeben:

I. . . . +0.15	IV. . . . +0.26	VII. . . . +0.06	X. . . . +0.11	Jahr +0.16.
II. . . . +0.19	V. . . . +0.23	VIII. . . . +0.13	XI. . . . +0.17	
III. . . . +0.20	VI. . . . +0.11	IX. . . . +0.14	XII. . . . +0.11	

Die Korrektionen lassen wohl einen gewissen jährlichen Gang erkennen, doch ist dessen Amplitude so klein, dass der jährliche Gang dieser aus 8^a, 2^p, 8^p berechneten Werthe keine wesentliche Aenderung gegen den wirklichen Gang erfährt.

Zu dem wesentlich gleichen Ergebniss führte die Bearbeitung der in den Jahrbüchern der Normal-Beobachtungs-Station I. Ordnung Bremen 1895–1899 publizirten Monatswerthe der I. T.-V. von Bremen für die Jahre 1891 bis 1899. Aus den neunjährigen Mittelwerthen ergaben sich für das arithmetische Mittel der I. T.-V. um 8^a, 2^p und 8^p folgende Korrektionen, um diese Mittelwerthe auf die aus den 24 Stundenmitteln der I. T.-V. berechnete M. I. T.-V zu reduziren:

I. . . . +0.04	IV. . . . +0.05	VII. . . . +0.01	X. . . . +0.07	Jahr +0.05.
II. . . . +0.04	V. . . . +0.03	VIII. . . . +0.12	XI. . . . +0.03	
III. . . . +0.04	VI. . . . −0.13	IX. . . . +0.14	XII. . . . +0.06	

Diese Korrektionen sind noch kleiner als die für Barnaul gefundenen, und gleichmässig bis auf den Juni, sodass also für Bremen die M. I. T.-V., als arithmetisches Mittel aus den Werthen der I. T.-V zur Zeit der Termine 8^a, 2^p, 8^p berechnet, den wahren Monatswerthen sehr nahe kommt und den jährlichen Gang bis auf den Juni, der — wegen der zu grossen Veränderlichkeit um 2^p — eine zu grosse mittlere Veränderlichkeit nach dieser Rechnungsformel ergiebt, nahezu richtig zur Darstellung bringt.

*) Wahlén, Wahre Tagesmittel und tägliche Variation der Temperatur an 18 Stationen des Russischen Reiches. (S. XX. Flg.), III. Supplementband zum Repertorium für Meteorologie. St-Petersburg 1886.

Digitized by Google

§ 2. Die mittlere Abweichung der inderdiurnen Veränderlichkeit der Temperatur.

Bildet man die Abweichungen der für die drei Beobachtungs-Termine berechneten einzelnen Monatswerthe der I. T.-V. von den zehnjährigen Mittelwerthen, so erhält man als deren ohne Rücksicht auf die Vorzeichen gebildetes Mittel die „mittlere Abweichung" der Monatswerthe der I. T.-V. Da diese mittlere Abweichung bei einem nur zehnjährigen Zeitraum noch erheblich durch einzelne anormal grosse Monatswerthe beeinflusst wird, so ist von ihrer Mittheilung Abstand genommen worden; es sei nur hervorgehoben, dass ihre grössten Beträge, 0°6 bis 0°8 im Osten im Januar und Februar vielfach, besonders um 8^a vorkamen, und dass die kleinsten, bis 0°2 und weniger, in den übrigen Monaten mehrfach auftraten. Bis zu einem gewissen Grad zeigen die Beträge der mittleren Abweichung ein Anwachsen mit der Zunahme der interdiurnen Veränderlichkeit, also für die einzelnen Monate und Stationen fast durchweg von einem Beobachtungs-Termin zum anderen eine Aenderung in dem gleichen Sinne wie die interdiurne Temperatur-Veränderlichkeit, sowie mit dieser eine wesentliche Uebereinstimmung im jährlichen Gange.

Im Mittel aus den 12 Monatswerthen ergaben sich folgende Jahreswerthe der mittleren Abweichung der I. T.-V.:

	8^a	2^p	8^p
Borkum	0.24	0.32	0.24
Wilhelmshaven	0.27	0.28	0.27
Keitum	0.24	0.28	0.29
Hamburg	0.30	0.32	0.31
Kiel	0.28	0.30	0.27
Wustrow	0.31	0.35	0.28
Swinemünde	0.36	0.41	0.34
Rügenwaldermünde	0.35	0.39	0.35
Neufahrwasser	0.37	0.44	0.37
Memel	0.40	0.37	0.38

Hiernach zeigen der Morgen und Abend im Jahresdurchschnitt nahezu die gleiche mittlere Abweichung, während der Nachmittag grössere Werthe aufweist, und diese Grösse nimmt für die drei Termine im allgemeinen nach Osten hin zu.

§ 3. Der tägliche Gang der interdiurnen Veränderlichkeit der Temperatur.

Um die Möglichkeit zu gewähren, diese Untersuchung durch Hinzunahme weiterer Beobachtungsjahre fortzuführen bezw. durch Einführung weiterer Gesichtspunkte zu erweitern, sind in Tab. *A* des Anhangs für die einzelnen Jahre des Zeitraums die Monatswerthe der interdiurnen Veränderlichkeit mitgetheilt. Die hieraus berechneten zehnjährigen Mittelwerthe nebst den Mittelwerthen für Bremen 1891/99 sind in Tab. I zusammengestellt. Einen klaren Einblick in das Wesen des jährlichen Ganges dieser Werthe gewinnt man nur durch das Studium des täglichen Ganges der interdiurnen Veränderlichkeit, wie solcher aus den Stundenwerthen der I. T.-V. hervortritt. Hierzu bieten die oben angeführte Bearbeitung der stündlichen Beobachtungen von Barnaul durch Wahlén, wie die vom Verfasser aus den Bremer Jahrbüchern berechneten neunjährigen Stundenmittel für Bremen eine treffliche Grundlage, wenn man von kleinen Zufälligkeiten, die den einzelnen Stundenwerthen noch in Folge der relativ geringen Dauer des Beobachtungs-Zeitraumes anhaften, absieht.*)

*) Bei dieser Gelegenheit dürfte hervorzuheben sein, dass im Falle von Registrir-Apparaten die Berechnung der interdiurnen Veränderlichkeit für alle 24 Stunden jedes Monats ein gewisses Kriterium für die Richtigkeit der Reduktion der Registrirungen liefert, indem bei dem rechnerischen Anschluss der Registrirungen an die Termin-Beobachtungen die Benutzung falscher Reduktions-Konstanten in dem Verlauf der Stundenwerthe der interdiurnen Veränderlichkeit leicht auffällige Verzerrungen in der Umgebung der Beobachtungs-Termine hervorruft.

Digitized by Google

Tab. I (cf. § 3). **Interdiurne Veränderlichkeit der Temperatur 8^a, 2^p, 8^p (Ortszeit).**
(Bremen 1891/99, die übrigen Stationen 1890/99).

	Monat	Borkum	Keitum	Bremen	Wilhelmshaven	Hamburg	Kiel	Wustrow	Swinemünde	Rügenwalderm.	Neufahrwasser	Memel
	I.	1.95	1.95	3.03	2.50	2.66	2.48	2.54	2.97	2.85	3.36	2.92
	II.	1.72	1.87	2.65	2.19	2.25	2.17	2.17	2.56	2.28	2.64	2.79
	III.	1.37	1.45	2.07	1.83	1.84	1.68	1.59	1.91	1.88	2.24	1.89
	IV.	1.34	1.21	1.76	1.40	1.68	1.43	1.34	1.64	1.49	1.75	1.60
	V.	1.51	1.54	2.06	1.67	1.82	1.42	1.82	2.13	2.15	2.17	2.37
	VI.	1.74	1.64	2.28	1.85	1.94	1.80	1.72	2.01	2.02	1.95	1.84
8^a	VII.	1.44	1.42	1.89	1.70	1.57	1.47	1.29	1.62	1.48	1.66	1.49
	VIII.	1.26	1.18	1.64	1.38	1.49	1.26	1.28	1.52	1.58	1.49	1.57
	IX.	1.10	1.38	1.93	1.58	1.79	1.53	1.45	1.56	1.80	1.70	1.79
	X.	1.68	1.79	2.37	2.01	2.08	1.90	1.92	1.95	2.08	2.26	2.27
	XI.	1.96	2.05	3.07	2.42	2.56	2.15	2.29	2.34	2.33	2.52	2.79
	XII.	1.98	1.91	2.68	2.32	2.36	2.19	2.20	2.23	2.19	2.53	2.76
	Jahr	1.59	1.62	2.29	1.90	2.00	1.79	1.80	2.04	2.01	2.19	2.17
	I.	1.80	1.88	2.36	2.13	2.32	1.90	2.01	2.36	2.20	2.70	2.35
	II.	1.58	1.71	2.14	2.01	1.90	1.84	1.70	2.04	1.59	2.04	2.11
	III.	1.70	1.66	2.27	2.13	2.18	1.89	1.89	2.68	2.02	2.63	1.74
	IV.	1.96	2.05	2.58	2.34	2.30	2.16	2.23	2.64	2.39	2.73	2.38
	V.	2.25	2.39	2.96	2.42	2.68	2.23	2.53	2.75	3.08	3.20	3.14
	VI.	2.44	2.46	3.13	2.52	2.80	2.32	2.44	2.72	2.51	2.44	2.38
2^p	VII.	2.14	1.99	2.85	2.42	2.45	1.90	2.05	2.32	2.08	2.41	2.23
	VIII.	1.92	2.03	2.47	2.09	2.22	1.92	1.93	2.28	2.19	2.62	2.16
	IX.	1.59	1.50	2.01	1.79	1.85	1.57	1.70	2.16	1.77	2.33	1.69
	X.	1.55	1.61	2.18	1.83	2.00	1.60	1.64	1.88	1.71	2.19	1.82
	XI.	1.68	1.80	2.18	1.99	2.10	1.74	1.75	1.79	1.84	1.99	2.16
	XII.	1.76	1.88	1.93	1.76	1.95	1.83	1.87	1.98	1.84	2.24	2.46
	Jahr	1.86	1.91	2.42	2.12	2.23	1.91	1.98	2.30	2.10	2.46	2.22
	I.	1.75	1.73	2.50	2.15	2.34	2.14	2.22	2.54	2.53	2.97	2.89
	II.	1.62	1.66	2.09	2.00	1.93	1.90	1.69	2.16	1.90	2.17	2.25
	III.	1.41	1.46	2.02	1.88	1.88	1.66	1.52	2.18	1.92	2.11	1.80
	IV.	1.39	1.62	2.10	1.87	1.97	1.61	1.64	2.04	1.76	2.03	2.04
	V.	1.85	2.16	2.36	2.11	2.24	1.68	1.91	2.09	2.07	2.23	2.87
	VI.	1.88	2.16	2.38	2.06	2.31	1.77	1.67	1.95	1.83	1.80	2.28
8^p	VII.	1.49	1.69	1.99	1.74	2.10	1.57	1.25	1.58	1.35	1.67	1.78
	VIII.	1.37	1.45	1.86	1.79	1.90	1.66	1.44	1.86	1.58	1.83	1.80
	IX.	1.25	1.41	1.78	1.67	1.70	1.62	1.33	1.83	1.78	2.02	1.77
	X.	1.41	1.59	1.99	1.77	1.83	1.72	1.62	1.92	1.90	2.22	2.09
	XI.	1.75	1.85	2.30	2.02	2.03	2.01	1.83	2.02	2.10	2.28	2.53
	XII.	1.76	1.87	2.18	1.94	2.01	1.96	2.10	2.15	2.21	2.57	2.46
	Jahr	1.58	1.72	2.13	1.92	2.02	1.78	1.68	2.03	1.91	2.16	2.21

Die von Wahlén berechnete und in Tab. II abgedruckte Tabelle der 24 Stundenwerthe für Barnaul, wie die in Tab. III gegebenen Werthe für Bremen lehren für die warmen Monate folgenden täglichen Gang der interdiurnen Temperatur-Aenderung: Zunahme vom späten Abend bis gegen Sonnenaufgang (I. Max.), Abnahme bis gegen 6—8 Uhr (I. Min.), Zunahme bis Nachmittag (II. Max.), Abnahme bis zum späten Abend (II. Min.). In den typischen kalten Monaten fällt das Steigen vom Vormittag bis zum Nachmittag fort und statt der doppelten Schwankung giebt es zu dieser Jahreszeit nur eine Abnahme von einer Morgenstunde bis zum Nachmittag und dann eine Zunahme bis zum folgenden Morgen.

Digitized by Google

Tab. II (cf. § 3). **Interdiurne Veränderlichkeit der Temperatur**
Barnaul 1853/62 (nach Wahlén.)

	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	Septbr.	Oktbr.	Novbr.	Dezbr.	Mittel
1[a]	6.37	6.22	5.51	**3.80**	4.09	2.86	2.24	2.54	3.32	**4.15**	6.09	6.72	4.49
2	6.50	6.40	5.68	3.76	4.13	2.97	2.31	2.58	3.38	4.13	6.21	6.75	4.57
3	6.67	6.59	5.86	3.77	4.22	3.06	2.40	**2.63**	3.44	4.13	6.32	6.86	4.66
4	6.77	6.77	6.12	3.77	**4.30**	**3.15**	2.52	2.62	3.38	4.08	6.34	7.07	4.74
5	6.85	6.94	6.32	3.68	4.10	3.06	**2.54**	2.58	**3.45**	4.05	**6.40**	7.22	**4.77**
6	6.90	7.10	**6.47**	3.39	3.71	2.70	2.28	2.46	3.39	4.07	6.36	7.29	4.68
7	7.08	**7.11**	6.26	3.18	3.37**	2.60**	1.92**	2.08	3.10	4.00	6.33	7.31	4.53
8	**7.16**	7.01	5.89	2.95**	3.44	2.68	2.02	1.95	2.65	3.61	6.22	**7.34**	4.41
9	7.08	6.46	5.15	3.04	3.72	2.98	2.20	1.93**	2.62**	3.26	5.81	7.17	4.29
10	6.54	5.76	4.56	3.20	3.88	3.40	2.55	2.14	2.81	3.12**	5.45	6.72	4.18
11	5.68	5.29	4.15	3.35	3.97	**3.61**	2.58	2.48	3.01	3.21	5.02	6.17	4.04
Mittag	5.05	5.01	3.91	3.43	4.01	3.54	2.65	2.68	3.18	3.47	4.71	5.71	3.95
1	4.68	4.66	3.78	3.48	4.00	3.50	2.86	**2.81**	3.37	3.61	4.64	5.46	3.90
2	4.54	4.35	3.72	3.43	4.01	3.47	2.85	2.74	3.59	3.68	4.51**	5.33**	3.85**
3	4.43**	4.25	3.70**	**3.51**	4.07	3.50	2.87	2.77	**3.61**	**3.72**	4.55	5.54	3.88
4	4.46	4.18**	3.72	3.49	4.06	3.43	**2.99**	2.63	3.52	3.62	4.66	5.75	3.88
5	4.65	4.30	3.74	3.40	**4.12**	3.41	2.78	2.65	3.37	3.54*	4.77	5.95	3.89
6	4.97	4.43	3.92	3.26	3.86	3.28	2.61	2.55	3.07	3.63	5.01	6.12	3.89
7	5.16	4.64	4.21	3.10*	3.55	3.08	2.50	2.24*	3.03*	3.64	5.21	6.26	3.89
8	5.50	4.95	4.44	3.10*	3.43	2.73	2.34	2.26	3.04	3.73	5.49	6.47	3.96
9	5.74	5.26	4.66	3.20	3.37**	2.71	2.25	2.28	3.15	3.94	5.71	6.57	4.07
10	5.91	5.54	4.88	3.47	3.49	2.61*	2.22*	2.29	3.27	4.05	5.91	6.64	4.19
11	6.11	5.82	5.10	3.70	3.75	2.64	2.26	2.41	3.33	4.12	6.04	6.66	4.33
Mitternacht	6.24	6.02	5.33	3.74	3.93	2.79	2.22*	2.46	3.33	4.14	6.10	6.66	4.41
Mittel	5.88	5.63	4.88	3.42	3.86	3.07	2.46	2.45	3.23	3.78	5.58	6.49	4.23

Eine Erklärung dieser Erscheinung wie der ganz analog verlaufenden des jährlichen Ganges der I. T.-V. liefert die Wirkung der Insolation und der nächtlichen Ausstrahlung. Jeder Wettercharakter oder Wettertypus besteht im allgemeinen einige Zeit, während der die Insolation und die nächtliche Ausstrahlung den Gang der Temperatur bestimmen. Die durch die stärkeren Wetterumschläge herbeigeführten Temperatur-Aenderungen stellen im allgemeinen die grossen Einzelwerthe der interdiurnen Temperatur-Aenderungen dar, vertheilen sich jedoch im Mittel längerer Zeiträume in gleichmässiger Weise über den Tag, sodass sie zunächst einen Einfluss auf den täglichen Gang nicht zu gewinnen vermögen. Wenn jedoch in der kalten Jahreszeit die Wetterumschläge meist starke Erwärmung und in der warmen Jahreszeit meist starke Erniedrigung der Temperatur bringen, so müssen erstere bei ihrem Auftreten die grösste interdiurne Temperatur-Aenderung in der Nacht, die letzteren jedoch in den Tagesstunden hervorrufen, sodass in Folge dieser stärkeren Wetterumschläge im Winter die I. T.-V. der Nachtstunden gegen die des Tages, und im Sommer die des Tages gegen die I. T.-V. der Nachtstunden vergrössert werden müsste. Da im Winter die Kraft der nächtlichen Ausstrahlung die der Insolation überwiegt, also an sich die nächtliche I. T.-V. grösser als die der Tagesstunden ist und aus ähnlichem Grunde im Sommer die I. T.-V. der Tages- grösser als die der Nachtstunden ist, so fällt es schwer, einen Anhalt zu gewinnen, bis zu welchem Grade die Stundenwerthe der I. T.-V. durch diese stärkeren Wetterumschläge beeinflusst werden. Die vorliegende Untersuchung lässt es jedoch wenig wahrscheinlich erscheinen, dass die Wetterumschläge einen wesentlichen Einfluss auf den täglichen und jährlichen Gang der I. T.-V. ausüben, da die Berücksichtigung der Insolation und der nächtlichen Ausstrahlung die Verhältnisse zu erklären vermag und neben diesen Einwirkungen die der Wetterumschläge, wo sie abweichender Art sein müssen, scharf hervortreten. Neben diesen die I. T.-V. hervorrufenden Faktoren werden wir auch durch rechnerische Feststellung dem Einfluss des jährlichen Ganges der Sonnenhöhe begegnen und an der Ostseeküste zu Erscheinungen geführt werden, die wohl in dem Auftreten von Seewinden ihre Erklärung zu finden haben.

Digitized by Google

Tab. III (cf. § 3).

Interdiurne Veränderlichkeit der Temperatur

Bremen 1891/99.

	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	Septbr.	Oktbr.	Novbr.	Dezbr.	Mittel
1[a]	2.81	2.43	2.15	2.03	2.26	1.98*	1.92	1.99	2.33	2.45	2.70	2.42	2.29
2	2.84	2.54	2.27	2.03	**2.27**	2.00	1.91	2.04	2.37	2.53	2.88	2.52	2.35
3	2.87	2.63	**2.34**	2.07	2.26	2.03	1.96	2.04	2.38	**2.62**	2.88	2.56	2.39
4	2.89	2.64	2.29	2.06	2.25	**2.07**	**2.01**	2.10	2.44	2.59	2.91	2.63	2.41
5	2.97	2.65	2.25	**2.11**	2.19	1.97	1.94	**2.12**	**2.57**	**2.62**	3.02	2.67	**2.42**
6	3.04	**2.70**	2.27	1.98	1.92	1.81**	1.66	1.90	2.54	2.60	**3.07**	2.69	2.35
7	**3.05**	2.68	2.17	1.73**	1.90**	1.87	1.59**	1.54**	2 27	2.51	3.06	**2.74**	2.26*
8	3.03	2.65	2.07	1.76	2.06	2.28	1.89	1.64	1.93	2.37	**3.07**	2.68	2.29
9	2.94	2.40	2.06*	1.97	2.49	2.65	2.34	1.92	1.70**	2.20	2.85	2.61	2.34
10	2.83	2.23	2.13	2.34	2.75	2.92	2.63	2.17	1.80	2.09	2.65	2.48	2.42
11	2.68	2.12	2.22	2.55	2.91	3.02	2.76	2.37	1.84	2.03*	2.43	2.25	**2.43**
Mittag	2.52	2.08*	2.26	2.52	2.93	3.13	2.94	2.39	1.90	2.10	2.29	2.09	**2 43**
1[p]	2.44	2.13	**2.31**	2.52	2.91	**3.16**	**2.95**	2.46	1.93	2.16	2.24	1.98	**2.43**
2	2.36	2.14	2.27	2.58	2.96	3.13	2.85	2.47	**2.01**	**2.18**	2.18	1.93**	2.42
3	2.28	**2.15**	2.12	**2.65**	2.96	3.11	2.79	**2.53**	1.97	2.15	2.09	1.93**	2.39
4	2.26**	2.12	2.14	2.61	**3.00**	3.07	2.83	2.45	1.90	2.04	2.04**	1.97	2.37
5	2.29	2.06	2.14	2.56	2.92	2.90	2.78	2.37	1.82	1.97	2.04**	2.03	2.32
6	2.35	2.05**	2.02	2.44	2.81	2.82	2.67	2.35	1.76*	1.88**	2.09	2.09	2.28
7	2.40	2.12	2.01**	2.18	2.55	2.56	2.37	2.09	1.76*	1.92	2.22	2.15	2.19
8	2.50	2.09	2.02	2.10	2.36	2.38	1.99	1.86*	1.78	1.99	2.30	2.18	2.13
9	2.59	2.20	2.06	1.98	2.23**	2.20	1.82	1.89	1.89	2.09	2.33	2.16	2.12**
10	2.64	2.29	2.08	1.93*	2.25	2.10	1.80*	1.88	1.97	2.20	2.46	2.26	2.16
11	2.74	2.38	2.10	1.96	2.25	2.09	1.81	1.97	2.08	2.28	2.62	2.29	2.21
Mitternacht	2.78	2.39	2.08	2.02	**2.27**	1.99	1.82	2.05	2.18	2.39	2.69	2.36	2.25
Mittel	2.67	2.33	2.16	2.20	2.49	2.47	2.25	2.11	2.05	2.25	2.55	2.32	2.32

Erwärmen wir zwei gleiche Sandwürfel über gleichen und unveränderlichen Flammen und bringen wir in regelmässigen Zeiträumen wärmeundurchlässige Schirme für einige Zeit über die eine der Flammen, oder was auf dasselbe herauskommt, setzen wir die gleichen Sandwürfel der Wirkung zweier verschieden intensiven Flammen aus, so wird zunächst ein mit der Zeit wachsender Temperatur-Unterschied bei den zu Anfang gleichtemperirten Sandwürfeln hervorgerufen. Je intensiver die Flammen, um so grössere Unterschiede werden sich ergeben. Setzen wir Wärmeentzug statt der Zufuhr, so erhalten wir in solcher Weise die Erklärung für das durch die Zusammenwirkung von Ausstrahlung und Bewölkung herbeigeführte Steigen der interdiurnen Aenderung der Temperatur vom späten Abend bis gegen Sonnenaufgang. Es wird also nach einer wolkigen oder trüben Nacht in der folgenden klaren Nacht, falls inzwischen kein Wetterumschlag eingetreten ist, die I. T.-Ä. bis gegen Sonnenaufgang stetig zunehmen oder sich im Falle von Nebelbildung zuletzt verlangsamt dem Maximalwerth nähern müssen. Ist die Sonne aufgegangen, oder schon etwas früher, so tritt an Stelle des Wärmeentzuges dann Wärmezufuhr ein. Dauern die gleichen Bewölkungs-Unterschiede fort, so wird der kälteren Morgenstunde dann die grössere Wärmemenge, der wärmeren Morgenstunde (stärker bewölkter Himmel) die geringere Wärmemenge zugeführt werden, und es müssen sich somit unter der Einwirkung der Einstrahlung gegen Sonnenaufgang die durch die Ausstrahlung bewirkten Temperatur-Unterschiede (gegen die gleiche Stunde des vorhergehenden Tages) zu verwischen beginnen, die interdiurne Temperatur-Aenderung wird demnach nach Sonnenaufgang zunächst abnehmen müssen. — Sodann schafft aber die Insolation nach Ausgleichung des wechselnden Effekts der nächtlichen Ausstrahlung wieder ihrerseits durch die Mitwirkung der Verschiedenheit der Bewölkung von Tag zu Tag neue interdiurne Gegensätze. Bei der Einwirkung der Insolation liegen die Verhältnisse insofern anders als bei der Ausstrahlung, als die Kraft der Insolation mit Zunahme der Sonnenhöhe bis Mittag zunimmt, und die Temperatur der untersten Luftschicht sich am Mittag mehr und mehr derjenigen Maximal-Temperatur nähert, die bei der jeweiligen Sonnenhöhe — abhängig von der Beschaffenheit der Erdoberfläche — möglich ist. Im allgemeinen ist diese

Digitized by Google

Maximal-Temperatur am Mittag in unserer Breite noch nicht erreicht und daher beobachten wir das Steigen bis zu einer späteren Nachmittagsstunde, bis zu dem Zeitpunkt, wo die von der unteren Luftschicht aufgenommene Wärmemenge gleich der von ihr abgegebenen ist. In durchweg heiteren Gebieten werden wir das Eintreten der dem Sonnenstande zukommenden Maximal-Temperatur am Mittag täglich zu erwarten haben und finden dementsprechend neben der geringeren Veränderlichkeit der höchsten Temperatur auch diese dem höchsten Sonnenstande weit benachbarter als bei uns. An klaren Tagen wird aus dem gleichen Grunde zu derselben Jahreszeit die höchste Temperatur bei uns zeitiger eintreten als an trüben oder wolkigen, wenn wir von gleichen Morgen-Temperaturen ausgehen. Folgt auf einen wolkigen oder trüben Tag ein klarer Tag, ohne dass eine Zufuhr anderstemperirter Luft durch einen Wetterumschlag stattgefunden hat, so wird die I. T.-Ä. zunächst stark und dann langsamer unter der Einwirkung der Insolation zunehmen und eine Verminderung erfahren, sobald die höchste Temperatur am klaren Tage erreicht ist, da der trübe oder wolkige Tag dann noch ein Steigen der Temperatur zeigen wird; die Temperatur sinkt ferner an dem klaren Tage schneller als an dem trüben, sodass ein weiteres Sinken der I. T.-Ä. folgt, bis im Sommer am späten Abend und zum Theil erst nach Mitternacht an beiden Tagen die gleiche Temperatur erreicht ist. An dieser Abnahme ist nach Sonnenuntergang die Ausstrahlung wesentlich betheiligt, die an dem klaren Abend stärkere Wirkung als an dem trüben ausübt und daher die Verminderung der durch die Insolation hervorgerufenen Gegensätze beschleunigt. Die geringere Kraft der Ausstrahlung gegenüber der Insolation zeigt im Sommer die rasche Verwischung der durch die nächtliche Ausstrahlung geschaffenen Unterschiede, die kurze Dauer des Sinkens vom I. Maximum zum I. Minimum, im Gegensatze zu dem langen Zeitraum der Abnahme der I. T.-Ä., die auf das Maximum am Nachmittag folgt.

Nach dem zweiten Minimum am späten Abend erfolgt dann wieder das Steigen unter der Einwirkung der nächtlichen Ausstrahlung. Im täglichen Gange der I. T.-V. giebt es demnach im Sommer eine doppelte Schwankung, die wir, von Minimum zu Minimum rechnend, kurz als die Einstrahlungs- und Ausstrahlungs-Schwankung bezeichnen wollen. Im Winter fällt die Einstrahlungs-Schwankung fort. Der zu dieser Jahreszeit nur eine Schwankung aufweisende Gang findet seine Erklärung darin, dass nach Sonnenaufgang, wenn die Wärmezufuhr überwiegt, die I. T.-V. zunächst abnimmt, indem sich die durch die Ausstrahlung mittels der interdiurnen Aenderung der Bewölkung von Tag zu Tag geschaffenen Gegensätze verwischen; die Ausstrahlung ist aber im Winter so mächtig im Vergleich mit der Insolation, dass die interdiurnen Temperatur-Gegensätze gleicher Morgenstunden unter dem Einfluss der Insolation nicht völlig verschwinden und diese von Tag zu Tag keine Gegensätze selbständig zu schaffen vermag. Es fällt daher im Winter die im Sommer beobachtete Zunahme der I. T.-V. vom Vormittag bis zu einer Nachmittagsstunde fort, die I. T.-V. sinkt einfach bis zum Nachmittag, um dann unter dem Einfluss der Ausstrahlung durch Vermittlung der interdiurnen Veränderlichkeit der Bewölkung wieder zuzunehmen.

Den gleichen Gang zeigen die von Kremser*) aus den Registrir-Temperaturen von Hamburg aus den Jahren 1878/79 für das Sommer- und Winter-Halbjahr berechneten stündlichen Werthe der interdiurnen Veränderlichkeit der Temperatur.

Die Umkehr dieses winterlichen täglichen Ganges der interdiurnen Veränderlichkeit der Temperatur, Zunahme von etwa Sonnenaufgang (erst stark, dann verlangsamt) bis zum Nachmittag und dann stetige Abnahme bis zum frühen Morgen darf mit Sicherheit auch als in der Natur vorkommend erachtet werden; sie wird bei gleicher interdiurner Veränderlichkeit der Bewölkung in den Tages- und Nachtstunden dann auftreten, wenn der Einfluss der Ausstrahlung die von Tag zu Tag durch die Insolation hervorgerufenen Gegensätze der Temperatur nicht zu verwischen und nicht selbständig Gegensätze hervorzurufen vermag, besonders aber dort in Erscheinung treten, wo die interdiurne Veränderlichkeit der Bewölkung Nachts geringer als am Tage ist. Der tägliche Gang der interdiurnen Veränderlichkeit der Temperatur in Bremen zeigt im Juni bereits nur kleine Abweichungen von diesem extremen sommerlichen Gang, da das spätabendliche Minimum hier im Juni erst um 1^a eintritt und die Veränderlichkeit dann bis 4^a nur um 0°09 unter dem Einfluss der Ausstrahlung zunimmt, um dann nach einer Abnahme um 0°26 nach 6^a wieder zu steigen.

Zeichnet man mittels Tab. III für die Monate des Jahres den Verlauf der Stundenwerthe der I. T.-V. von Bremen, so zeigt sich im Dezember von dem Maximum um 7^a ein steiler Abfall bis 2^p und dann

*) Kremser, Die Veränderlichkeit der Lufttemperatur in Norddeutschland. Abhandlungen des Königl. Preussischen Meteorologischen Instituts. Band I, No. 1 (S. 17), Berlin 1890.

Digitized by Google

ziemlich gleichmässige Zunahme bis 7^a. Der Januar hat ebenfalls die einfache Schwankung, das Maximum um 7^a, das Minimum aber später, um 4^p. Im Februar zeigt der Verlauf der Kurve am Nachmittag bereits eine vorübergehende Zunahme, grössere Werthe von 1^p—4^p, und Minima um Mittag und (weniger tief) um 6^p. Verfolgt man diese Minima in den folgenden Monaten, so ergiebt sich, dass sich das erste Minimum unter Zunahme an Tiefe bis zum VI immer mehr verfrüht — März 9^a, April-Mai 7^a, Juni 6^a --, das zweite Minimum dagegen verspätet — März 7^p, April 10^p, Juni 1^a —, und eine mehr veränderliche Tiefe besitzt. In der zweiten Hälfte des Jahres verspätet sich das Vormittags-Minimum wieder — Juli-August 7^a, September 9^a, Oktober 11^a —, während das abendliche Minimum sich verfrüht — Juli 10^p, August 8^p, September $6^1/_2{}^p$, Oktober 6^p. — Dabei nimmt das erste Minimum an Tiefe stärker ab als das zweite, sodass die I. T.-V. in Bremen im Oktober am Abend wieder niedrigere Werthe als am Vormittag, wie im Februar und März, erreicht. Im November deutet eine Zeichnung der Kurve am Mittag noch das erste Minimum, das sich ausgefüllt hat, an, und wir haben von November bis Januar die einfache Schwankung, deren Minimum im November um $4^1/_2{}^p$, Dezember etwa $2^1/_2{}^p$ und im Januar wieder um 4^p erscheint.

Das Früh-Maximum verfrüht sich nach dem Sommer hin und nimmt bis Juli ab, während das Nachmittags-Maximum (der Monate II—X) bis Juni zunimmt, von April bis August grössere Werthe als das erstere aufweist und im Mai um 4^p, im Juni-Juli etwa um 1^p, im August um 3^p, im September und Oktober um 2^p eintritt.

Geringere Verschiebungen der Maxima und Minima im täglichen Gange der I. T.-V. treten in Barnaul auf. Hier besteht der Verlauf mit einer einfachen Schwankung und der Verspätung des Minimums von 2^p bis 4^p für November bis März. Erst im April tritt, nachdem sich das der Ausstrahlungs-Schwankung vorangehende Minimum bis 8^p verschoben hat, neben diesem das sekundäre Minimum des Morgens um 8^a (Februar in Bremen) auf. Dieses ist bereits im April tiefer als das Abend-Minimum und zeigt während seines Bestehens durchweg die niedrigsten Werthe im täglichen Gang, bis auf Mai und Juni, die nahezu gleich tiefe Minima am Morgen und Abend aufweisen. Das Morgen-Minimum verfrüht sich bis Juni-Juli jedoch nur um ca. 1 Stunde, während sich das Abend-Minimum gleichzeitig bis Mitternacht verspätet; in der zweiten Hälfte des Jahres nähern sich die Minima wieder; die Minima nehmen rasch an Tiefe ab und es zeigt sich in Uebereinstimmung mit Bremen in der Kurve für November um Mittag noch die letzte Andeutung seines Bestehens. Wie in Bremen zeigt das Maximum am frühen Morgen eine Verfrühung nach der Mitte des Jahres hin und das Nachmittags-Maximum eine mehr veränderliche Lage. Dieses hat in Barnaul von Juni bis September — gegenüber April bis August in Bremen — die grössten Werthe der interdiurnen Veränderlichkeit im täglichen Gang.

§ 4. Einfluss des täglichen Ganges auf die relative Grösse der interdiurnen Veränderlichkeit der Temperatur um 8^a, 2^p und 8^p an der Küste.

Aus dem seinem inneren Wesen nach klargelegten täglichen Gang der I. T.-V. erklären sich die in Tab. I hervortretenden Aenderungen der I. T.-V. von einem Termin zum andern, die nebst den entsprechenden für Barnaul in Tafel IV zusammengestellt sind.

Hiernach nimmt die I. T.-V. für die Stationen der Küste von 8^a bis 2^p im April bis August zu, im Oktober bis Februar ab, und im März und September findet sich auch Zunahme, abgesehen von kleinen Abweichungen für Memel und Rügenwaldermünde. Für die Zeit von 2^p bis 8^p findet im April bis August Abnahme und im Oktober bis Februar an der Ostsee Zunahme statt, während für diesen Zeitraum an der Nordsee sehr kleine, theils positive, theils negative Aenderungen auftreten; bis auf kleinere Abweichungen zeigen März und September Abnahme. Weniger gleichartig sind die Aenderungen von 8^a bis 8^p. Auf eine Abnahme in den Monaten Oktober bis Februar folgt der März mit kleinen veränderlichen Unterschieden und der April mit grösseren durchweg positiven Aenderungen; nachdem dann im Mai bis Juli an der Nordsee Zunahme und an der Ostsee überwiegend Abnahme von 8^a bis 8^p aufgetreten ist, folgt der August mit durchweg positiven Aenderungen, und es schliesst sich der September wieder mit sehr geringfügigen, verschiedenartigen Aenderungen an. Barnaul zeigt von 8^a bis 2^p und 8^a bis 8^p im November bis März Abnahme, April bis Oktober Zunahme und von 2^p bis 8^p im Oktober bis März Zunahme, und im April bis September Abnahme der I. T.-V., also nur geringe Abweichungen gegen die Küste.

Digitized by Google

Tab. IV (cf. § 4). **Aenderung der interdiurnen Veränderlichkeit der Temperatur zwischen den Terminen 8^a, 2^p und 8^p.**

	Monat	Borkum	Keitum	Bremen	Wilhelmshaven	Hamburg	Kiel	Wustrow	Swinemünde	Rügenwaldermünde	Neufahrwasser	Memel	Barnaul
8^a bis 2^p	I	−0.2	−0.1	−0.7	−0.4	−0.3	−0.6	−0.5	−0.6	−0.6	−0.7	−0.6	−2.6
	II	−0.1	−0.2	−0.5	−0.2	−0.3	−0.3	−0.5	−0.5	−0.7	−0.6	−0.7	−2.7
	III	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2	0.3	0.8	0.1	0.4	−0.2	−2.2
	IV	0.6	0.8	0.8	0.9	0.6	0.7	0.9	1.0	0.9	1.0	0.8	0.5
	V	0.7	0.8	0.9	0.8	0.9	0.8	0.7	0.6	0.9	1.0	0.8	0.6
	VI	0.7	0.8	0.9	0.7	0.9	0.5	0.7	0.7	0.5	0.5	0.5	0.8
	VII	0.7	0.6	1.0	0.7	0.9	0.4	0.8	0.7	0.6	0.7	0.7	0.8
	VIII	0.7	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8	0.6	1.1	0.6	0.8
	IX	0.5	0.1	0.1	0.2	0.1	0.0	0.2	0.6	−0.0	0.6	−0.1	0.9
	X	−0.1	−0.2	−0.2	−0.2	−0.1	−0.3	−0.3	−0.1	−0.4	−0.1	−0.4	0.1
	XI	−0.3	−0.3	−0.9	−0.4	−0.5	−0.4	−0.5	−0.5	−0.5	−0.5	−0.6	−1.7
	XII	−0.2	−0.0	−0.8	−0.6	−0.4	−0.4	−0.3	−0.3	−0.3	−0.3	−0.3	−2.0
	Jahr	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.3	0.1	0.3	0.1	−0.6
2^p bis 8^p	I	−0.0	−0.2	0.1	0.0	0.0	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.5	1.0
	II	0.0	−0.1	−0.0	−0.0	0.0	0.1	−0.0	0.1	0.3	0.1	0.1	0.6
	III	−0.3	−0.2	−0.2	−0.2	−0.3	−0.2	−0.4	−0.5	−0.1	−0.5	0.1	0.7
	IV	−0.6	−0.4	−0.5	−0.5	−0.3	−0.6	−0.6	−0.6	−0.6	−0.7	−0.3	−0.3
	V	−0.4	−0.2	−0.6	−0.3	−0.4	−0.6	−0.6	−0.7	−1.0	−1.0	−0.3	−0.6
	VI	−0.6	−0.3	−0.8	−0.4	−0.5	−0.6	−0.8	−0.8	−0.7	−0.6	−0.1	−0.7
	VII	−0.6	−0.3	−0.9	−0.7	−0.4	−0.3	−0.8	−0.7	−0.7	−0.7	−0.5	−0.5
	VIII	−0.6	−0.6	−0.6	−0.3	−0.3	−0.3	−0.5	−0.4	−0.6	−0.8	−0.4	−0.5
	IX	−0.3	−0.1	−0.2	−0.1	−0.2	0.0	−0.4	−0.3	0.0	−0.3	0.1	−0.6
	X	−0.1	−0.0	−0.2	−0.1	−0.2	0.1	0.0	0.0	0.2	0.0	0.3	0.1
	XI	0.1	0.1	0.1	0.0	−0.1	0.3	0.1	0.2	0.3	0.3	0.4	1.0
	XII	0.0	−0.0	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.4	0.3	0.0	1.1
	Jahr	−0.3	−0.2	−0.3	−0.2	−0.2	−0.1	−0.3	−0.3	−0.2	−0.3	−0.0	0.1
8^a bis 8^p	I	−0.2	−0.2	−0.5	−0.3	−0.3	−0.3	−0.3	−0.4	−0.3	−0.4	−0.0	−1.7
	II	−0.1	−0.2	−0.6	−0.2	−0.3	−0.3	−0.5	−0.4	−0.4	−0.5	−0.5	−2.1
	III	0.0	0.0	−0.0	0.0	0.0	−0.0	−0.1	0.3	0.0	−0.1	−0.1	−1.4
	IV	0.0	0.4	0.3	0.5	0.3	0.2	0.3	0.4	0.3	0.3	0.4	0.2
	V	0.3	0.6	0.3	0.4	0.4	0.3	0.1	−0.0	−0.1	0.1	0.5	−0.0
	VI	0.1	0.5	0.1	0.2	0.4	−0.0	−0.0	−0.1	−0.2	−0.2	0.4	0.0
	VII	0.0	0.3	0.1	0.0	0.5	0.1	−0.0	−0.0	−0.1	0.0	0.3	0.3
	VIII	0.1	0.3	0.2	0.4	0.4	0.4	0.2	0.3	0.0	0.3	0.2	0.3
	IX	0.2	0.0	−0.2	0.1	−0.1	0.1	−0.1	0.3	−0.0	0.3	−0.0	0.4
	X	−0.3	−0.2	−0.4	−0.2	−0.3	−0.2	−0.3	−0.0	−0.2	−0.0	−0.2	0.1
	XI	−0.2	−0.2	−0.8	−0.4	−0.5	−0.1	−0.5	−0.3	−0.2	−0.2	−0.3	−0.7
	XII	−0.2	−0.0	−0.5	−0.4	−0.4	−0.2	−0.1	−0.1	−0.1	0.0	−0.3	−0.9
	Jahr	−0.0	0.1	−0.2	0.0	0.0	−0.0	−0.1	−0.0	−0.1	−0.0	0.0	−0.5

Für die drei Termine fällt das Maximum der I. T.-V. im täglichen Gang von Oktober bis Februar au 8^a, von März bis September auf 2^p — ausgenommen nur im September Kiel (8^p), Rügenwaldermünd und Neufahrwasser (8^a), im Dezember Rügenwaldermünde und Neufahrwasser (8^p) und im März Neufahr wasser (8^a). Wir haben es also bei diesem Maximum zu Zeiten der 3 Termin-Beobachtungen ganz wesentlich kurz gesagt, mit dem Ausstrahlungs-Maximum der kalten Monate um 8^a und dem Insolations-Maximum de warmen Monate um 2^p, zu thun, wie es zu erwarten stand; die Abweichungen müssen bedeutungslos er

Digitized by Google

scheinen. Anders verhält sich das Minimum des täglichen Ganges, dessen Lage geringere Uebereinstimmung zeigt und in ihren Abweichungen gewisse charakteristische Momente aufweist. Wie zu erwarten, finden wir dieses Minimum zur Zeit der grössten Stärke der nächtlichen Ausstrahlung vom November bis Januar fast durchweg um 2^p -- ausgenommen um 8^p im November in Hamburg, wie im Januar in Borkum und Keitum. In den benachbarten Monaten Oktober und Februar tritt das Minimum ostwärts bis Wustrow meist um 8^p statt um 2^p auf. Im März und September finden wir das Minimum ungefähr gleich häufig um 8^a und 8^p, und nur in Memel, wie im September in Rügenwaldermünde, noch um 2^p. Während der warmen Monate April bis August, in denen die I. T.-V. wesentlich unter der Einwirkung der Insolation steht, trifft das Minimum unter den drei Terminen, wie erwartet werden muss, den Morgen, doch tritt hier die charakteristische Abweichung auf, dass das Minimum an der Ostsee von Wustrow bis Rügenwaldermünde während der Monate Mai bis August fast ausnahmslos, wie auch in Wustrow noch im September und Oktober, und in Neufahrwasser im Juni, um 8^p an Stelle von 8^a auftritt. Barnaul schliesst sich mit der Lage der Maxima und Minima hier wesentlich dem Verhalten der Mehrzahl der Stationen der Küste an, sodass für jenes abweichende Verhalten der genannten Stationen der Ostsee eine besondere Ursache in Betracht kommen muss. Es scheint sich hier um eine Einwirkung der Seewinde zu handeln, die an heiteren Tagen ein schnelleres Sinken der Temperatur nach Eintritt der höchsten Temperaturen herbeiführen, und in solcher Weise dahin wirken, die I. T.-V. um 8^p kleiner als um 8^a im Gegensatz zu den übrigen Stationen zu gestalten. Wir werden diesem Einfluss noch mehrfach begegnen und ihn noch schärfer zu kennzeichnen suchen.

Als beachtenswerth muss hervorgehoben werden, dass die Aenderung der I. T.-V. von einem Termin zum andern für Barnaul während der Monate April bis August Beträge annimmt, die mit denen der Stationen unserer Küste an Grösse übereinstimmen; dies gilt also wesentlich für die Monate, in denen die in Betracht kommenden Aenderungen durch die Einstrahlung bedingt sind. Für die übrigen Monate erreichen diese Aenderungen in Barnaul jedoch ganz unvergleichbar grössere Beträge unter der Einwirkung der nächtlichen Ausstrahlung. Es scheint hiernach diese in Barnaul weit kräftiger als an unserer Küste während der kalten Jahreszeit aufzutreten und ist vermuthlich hauptsächlich auf das relativ häufigere Auftreten lange währender Schneedecken zurückzuführen.

Abgesehen von der zur Erklärung hier herangezogenen Schneedecke ist hervorzuheben, dass diejenige Beschaffenheit der Erdoberfläche, die eine Verstärkung des Effekts der nächtlichen Ausstrahlung herbeiführt, nicht die gleiche Verstärkung der Wirkung der Insolation auf die I. T.-V. herbeizuführen vermag, da die erkalteten Luftmassen auf der Erdoberfläche liegen bleiben, während die erwärmten Luftmassen sich zu heben trachten, somit also Konvektionsströme der stärkeren Erwärmung der unteren Luftschichten in hohem Grade entgegenwirken und in solcher Weise die stärkere Wärmestrahlung der Erdoberfläche in ihrer Wirkung schwächen.

§ 5. Der jährliche Gang der interdiurnen Veränderlichkeit der Temperatur für die Stundenmittel des Tages.

Der in den Monatsmitteln in Tab. II und III hervortretende jährliche Gang der I. T.-V. zeigt für alle Stunden in Bremen und Barnaul (mit einer einzigen Abweichung) eine doppelte Schwankung analog dem sommerlichen Verlauf des täglichen Ganges. Entsprechend dem täglichen Gang tritt ein Maximum um die Zeit auf, wo die Ausstrahlung Einbusse erfährt — im Jahre also um die Zeit des niedrigsten Sonnenstandes bei Beginn der Abnahme der Länge der Nacht, am Tage gegen Sonnenaufgang — und ein zweites Maximum, dem Nachmittags-Maximum des täglichen Ganges entsprechend, gegen Mitte des Jahres; zwischen diesen Maxima liegen die beiden Minima, entsprechend dem Morgen- und Spätabend-Minimum des täglichen Ganges des Sommers.

Um diesen Gang für Bremen und Barnaul scharf hervortreten zu lassen, sind als Ersatz einer graphischen Darstellung des Verlaufes in Tab. V die Monate des Eintritts dieser 4 Extreme und die Aenderungen der interdiurnen Veränderlichkeit zwischen je 2 Extremen für alle 24 Stunden und für das Mittel der 24 Stundenwerthe zusammengestellt. Unstetigkeiten im Verlaufe von einem Extrem zum folgenden fanden in Barnaul nur für 5^a—7^a, wo Februar etwas höhere Werthe als Januar hatte, statt, sowie in Bremen für alle Stunden, ausser 6^p, bei dem Verlauf vom II. Minimum zum Winter-Maximum, indem der November meist eine grössere I. T.-V. als der Dezember hatte und hier auch sonst noch kleinere Unterbrechungen der Stetigkeit der Zunahme auftraten.

Digitized by Google

Ein Studium der Tab. V lehrt, dass die Analogie zwischen dem täglichen und jährlichen Verlaufe noch weiter geht. Auch der jährliche Verlauf zeigt das zeitliche Auseinandergehen der beiden Minima bei der Annäherung an die Zeit grösster Wärme und ihre spätere Annäherung gegen Mitternacht hin, wie auch ferner die grössere Konstanz des Zeitpunkts der Maxima. Ebenso findet sich im jährlichen Verlauf die geringere zeitliche Verschiebung der Extreme in Barnaul im Vergleich mit Bremen.

Tab. V (cf. § 5). **Jährlicher Gang der interdiurnen Veränderlichkeit der Temperatur**

(Lage der Extreme und Grösse der Aenderungen.)

	Bremen 1891/99										Barnaul 1853/62									
	a I. Max.	Δ	*b* I. Min.	Δ	*c* II. Max.	Δ	*d* II. Min.	Δ	*a*—*c*	*d*—*b*	*a* I. Max.	Δ	*b* I. Min.	Δ	*c* II. Max.	Δ	*d* II. Min.	Δ	*a*—*c*	*d*—
1^a	**1**	−0.78	4	0.23	5	−0.28	**7**	0.89	0.55	−0.11	**12**	−2.9	4	0.3	5	−1.9	**7**	4.5	2.6	−
2^a	**11**	−0.85	4	0.24	5	−0.36	**7**	0.97	0.61	−0.12	**12**	−3.0	4	0.4	5	−1.8	**7**	4.4	2.6	−
3^a	**11**	−0.81	4	0.19	5	−0.30	**7**	0.92	0.62	−0.11	**12**	−3.1	4	0.4	5	−1.8	**7**	4.5	2.6	−
4^a	**11**	−0.85	4	0.19	5	−0.24	**7**	0.90	0.66	−0.05	**12**	−3.3	4	0.5	5	−1.8	**7**	4.6	2.8	−
5^a	**11**	−0.91	4	0.08	5	−0.25	**7**	1.08	0.83	−0.17	**12**	−3.5	4	0.4	5	−1.6	**7**	4.7	3.1	−
6^a	**11**	—	—	—	—	—	**7**	1.14	—	—	**12**	−3.9	4	0.3	5	−1.4	**7**	5.0	3.6	−
7^a	**11**	−1.33	4	0.17	5	−0.36	**8**	1.52	1.16	−0.19	**12**	−4.1	4	0.2	5	−1.4	**7**	5.4	3.9	−
8^a	**11**	−1.31	4	0.52	6	−0.64	**8**	1.43	0.79	−0.12	**12**	−4.4	4	0.5	5	−1.5	**8**	5.4	3.9	−
9^a	**1**	−0.97	4	0.68	6	−0.95	**9**	1.24	0.29	−0.27	**12**	−4.1	4	0.7	5	−1.8	**8**	5.2	3.4	−
10^a	1	−0.70	3	0.79	**6**	−1.12	**9**	1.03	−0.09	−0.33	**12**	−3.5	4	0.7	5	−1.7	**8**	4.6	2.8	−
11^a	1	−0.56	2	0.90	**6**	−1.18	**9**	0.84	−0.34	−0.28	**12**	−2.8	4	0.6	5	−1.5	**8**	3.7	2.2	−
Mittag	1	−0.44	2	1.05	**6**	−1.23	**9**	0.62	−0.61	−0.18	**12**	−2.3	4	0.6	5	−1.4	**7**	3.1	1.7	−
1^p	1	−0.31	2	1.03	**6**	−1.23	**9**	0.51	−0.72	−0.20	**12**	−2.0	4	0.5	5	−1.2	**8**	2.7	1.5	−
2^p	1	−0.22	2	0.99	**6**	−1.12	**9**	0.35	−0.77	−0.13	**12**	−1.9	4	0.6	5	−1.3	**8**	2.6	1.3	−
3^p	1	−0.16	3	0.99	**6**	−1.14	**9**	0.31	−0.83	−0.15	**12**	−2.0	4	0.6	5	−1.3	**8**	2.8	1.5	−
4^p	1	−0.14	2	0.95	**6**	−1.17	**9**	0.36	−0.81	−0.22	**12**	−2.3	4	0.6	5	−1.4	**8**	3.1	1.7	−
5^p	1	−0.23	2	0.86	5	−1.10	**9**	0.47	−0.63	−0.24	**12**	−2.6	4	0.7	5	−1.5	**8**	3.3	1.8	−
6^p	1	−0.33	3	0.80	**6**	−1.06	**9**	0.59	−0.47	−0.26	**12**	−2.9	4	0.6	5	−1.3	**8**	3.6	2.3	−
7^p	1	−0.39	3	0.55	**6**	−0.80	**9**	0.64	−0.16	−0.25	**12**	−3.2	4	0.4	5	−1.3	**8**	4.0	2.7	−
8^p	**1**	−0.48	3	0.36	6	−0.60	**9**	0.72	0.12	−0.24	**12**	−3.4	4	0.3	5	−1.2	**8**	4.2	3.0	−
9^p	**1**	−0.61	4	0.25	5	−0.38	**7**	0.77	0.36	−0.16	**12**	−3.4	4	0.2	5	−1.2	**7**	4.3	3.2	−
10^p	**1**	−0.71	4	0.32	5	−0.45	**7**	0.84	0.39	−0.13	**12**	−3.2	4	0.0	5	−1.3	**7**	4.4	3.1	−
11^p	**1**	−0.78	4	0.29	5	−0.44	**7**	0.93	0.49	−0.15	**12**	−3.0	4	0.1	5	−1.5	**7**	4.4	2.9	−
Mitternacht	**1**	−0.76	4	0.25	5	−0.45	**7**	0.96	0.51	−0.20	**12**	−2.9	4	0.2	5	−1.7	**7**	4.4	2.7	−
Tagesmittel a. 24 Std.-werthen	**1**	−0.51	3	0.33	5	−0.42	**9**	0.62	0.18	−0.11	**12**	−3.1	4	0.4	5	−1.4	**8** / **7**	4.0	2.6	−

Für Bremen ergiebt sich das winterliche (Ausstrahlungs-) Maximum für 2^a bis 8^a im November, für die übrigen Stunden im Januar. Für die Stunden 11^a—5^p tritt das erste Minimum bereits im Februar ein, für 6^p—8^p im März, die übrigen Stunden 9^p—9^a im April, und der Betrag der Abnahme ist für 3^p und 4^p am kleinsten, 7^a und 8^a am grössten. In Folge der Zunahme der Insolation musste, wie wir es hier finden, die auf das Winter-Maximum folgende Abnahme der I. T.-V. im jährlichen Gange bei der Annäherung an die warme Tageszeit im Jahre zeitiger aufhören als in den Stunden der mehr ausgesprochenen Herrschaft der Ausstrahlung. Wie zu erwarten, tritt dann entsprechend das II. Maximum im Jahresverlauf der I. T.-V. für die wärmeren Stunden 8^a bis 8^p erst im Juni, also später auf als für die übrigen Stunden, die es im Mai zeigen, wie auch das II. Minimum von 9^a bis 8^p erst im September eintritt, während die übrigen Stunden dies im Juli bezw. August zeigen. Die Insolations-Schwankung umfasst in Bremen für 11^a bis 5^p 7 Monate, für 9^p bis 5^a 3 Monate, also die Ausstrahlungs-Schwankung 5 bezw. 9 Monate; die Extreme treten um 9—10^a und 6—8^p ungefähr zur Zeit der Solstitien und Aequinoktien auf, abgesehen von dem Ausstrahlungs-Maximum, das sich im Januar findet. Wie hervorgehoben, zeigt eine Stunde einen abweichenden Gang, indem für 6^a das Einstrahlungs-Maximum fehlt und die Kurve für diese Stunde vom November bis

Digitized by Google

Juli stetige Abnahme aufweist. Wie im täglichen Gang in Bremen der Anstieg vom Früh-Minimum zum zweiten Maximum zu Anfang des Jahres klein ist und schnell verläuft, und nach der Jahresmitte hin an Grösse und Dauer zunimmt — Februar 0°07 Zunahme in 3 Stunden gegen Juni 1°35 in 7 Stunden — so vollzieht sich im jährlichen Verlauf der Anstieg vom Früh-Minimum zum II. Maximum im Betrage von ca. 1° für die Mittagstunden in 4 Monaten, für die Stunden 9^p bis 5^a jedoch nur von April bis Mai, und die Zunahme sinkt von 0°3 bis 0°08 für 5^a, um für 6^a, wie wir gesehen haben, ganz zu verschwinden.

In Uebereinstimmung mit dem täglichen Gang zeigt Barnaul grössere Konstanz der Lage der Extreme als Bremen auch im jährlichen Gange. Das Winter-Maximum liegt durchweg im Dezember, das Frühjahrs-Minimum im April, das zweite Maximum im Mai und nur das zweite Minimum zeigt eine Verschiebung, indem es für 8^a bis 8^p im August, für 9^p bis 7^a im Juli auftritt. Die Frühjahrs-Zunahme vollzieht sich also hier durchweg von April bis Mai und beträgt für 10^p nur 0°02, 11^p 0°05, sodass für diese Stunden die Abweichung von der einfachen Schwankung im Jahresverlaufe äusserst gering ist.

Was die Lage der Haupt-Maxima anbetrifft, so finden wir in dem jährlichen Verlauf der Stundenwerthe der I. T.-V. für Bremen die grössten Werthe in 10 von 24 Fällen mit dem II. (Insolations-) Maximum, entsprechend 5 unter 12 Fällen im täglichen Verlauf, mit dem Nachmittags-Maximum zusammenfallend, während in Barnaul das Winter-Maximum für alle Stunden die grössten Werthe der interdiurnen Veränderlichkeit aufweist, entgegen dem täglichen Verlaufe, der von Juni bis September das Haupt-Maximum am Nachmittag zeigt. Wenn auch in Betracht kommt, dass für diese warmen Monate im täglichen Verlauf die Ausstrahlung mit relativ geringem Betrag gegen die Einstrahlung in Betracht kommt, während im jährlichen Verlauf die Ausstrahlung mit ihrem vollen Betrag ebenso wie die Einstrahlung in Rechnung zu setzen ist, so scheint doch diese Abweichung gegen Bremen zu lehren, dass die Ausstrahlung in Barnaul nicht nur, wie wir oben (§ 4) sahen, in der kalten, sondern auch in der warmen Jahreszeit stärkere Wirkung als in Bremen hervorruft.

Tab. VI (cf. § 5). **Unterschied der Aenderungen von Extrem zu Extrem in dem jährlichen Gang der interdiurnen Veränderlichkeit der Temperatur zwischen Barnaul und Bremen.**

	I. Abnahme	I. Zunahme	II. Abnahme	II. Zunahme		I. Abnahme	I. Zunahme	II. Abnahme	II. Zunahme
1^a	+2.1	+0.1	+1.6	+3.6	1^p	+1.7	−0.5	0.0	+2.1
2	+2.1	+0.1	+1.5	+3.5	2	+1.7	−0.4	+0.1	+2.2
3	+2.3	+0.3	+1.5	+3.5	3	+1.9	−0.4	+0.2	+2.5
4	+2.4	+0.3	+1.5	+3.6	4	+2.1	−0.4	+0.3	+2.8
5	+2.6	+0.3	+1.3	+3.6	5	+2.3	−0.1	+0.4	+2.8
6	(?)	(?)	(?)	+3.9	6	+2.5	−0.2	+0.3	+3.0
7	+2.8	0.0	+1.1	+3.9	7	+2.8	−0.1	+0.5	+3.4
8	+3.1	−0.0	+0.9	+3.9	8	+2.9	−0.0	+0.6	+3.5
9	+3.2	0	+0.8	+4.0	9	+2.8	−0.1	+0.8	+3.6
10	+2.8	−0.1	+0.6	+3.6	10	+2.5	−0.3	+0.8	+3.6
11	+2.3	−0.3	+0.3	+2.9	11	+2.2	−0.2	+1.0	+3.5
Mittag	+1.8	−0.5	+0.1	+2.4	Mitternacht	+2.2	−0.1	+1.3	+3.5

	I. Abnahme	I. Zunahme	II. Abnahme	II. Zunahme
Mittlere interd. Veränderlichk.	+2.6	+0.1	+1.0	+3.4

(Ein + deutet an, dass die betreffende Aenderung in Barnaul grösser als in Bremen war.)

Als weitere Abweichungen des jährlichen Verlaufes der I. T.-V. von ihrem täglichen Gange treten besonders hervor, dass der jährliche Verlauf das II. Maximum in Barnaul durchweg wie in Bremen für 9^p bis 7^a im Mai und in Bremen für 8^a bis 8^p im Juni zeigt, während das II. Maximum des täglichen Ganges fast ohne Ausnahme erst nach dem höchsten Sonnenstande eintritt, und dass das II. Minimum im jährlichen Gang durchweg das Haupt-Minimum darstellt, während dieses im täglichen Gang an beiden Orten durch das I. Minimum dargestellt wird, mit alleiniger Ausnahme von Februar, März und Oktober in Bremen. Nach

Digitized by Google

dem Betrage der Aenderung der I. T.-V. überwiegt daher bei der Insolations-Schwankung der I. T.-V. im jährlichen Verlaufe die auf das Maximum folgende Abnahme, im täglichen Verlaufe jedoch das Ansteigen zum Maximum über die nachfolgende Abnahme.

Lehrreich ist der Vergleich des Betrages der Aenderung der I. T.-V. von einem Extrem zum folgenden im jährlichen Gang der Stundenwerthe für Bremen und Barnaul, wie ihn Tab. VI durch die Unterschiede dieser Aenderungen zum Ausdruck bringt. Für die das Winter-Maximum hervorrufenden Aenderungen (I. Abnahme und II. Zunahme) treten ganz abnorm grosse Unterschiede zwischen beiden Orten hervor, die für die Nachtstunden zwar erheblich grösser als für die Tagesstunden sind, indessen auch für diese so gross sind, dass sie, wegen der maassgebenden Bedeutung der Ausstrahlung für das nächtliche Maximum als Bestätigung der obigen Voraussetzung der ungleich stärkeren Kraft der Ausstrahlung in Barnaul gegenüber Bremen dienen müssen. Die wesentlich von der Einstrahlung abhängigen Unterschiede der das Sommer-Maximum bedingenden Aenderungen (I. Zunahme und II. Abnahme) zeigen fast durchweg kleine Werthe, ausgenommen für die der winterlichen Zunahme vorangehende Abnahme für die Nachtstunden von 9^p bis 9^a. die schon von der Ausstrahlung in stärkerem Grade abhängig ist. Der Einfluss der Insolation auf die interdiurne Veränderlichkeit scheint hiernach in Barnaul nahezu von gleicher Grösse wie in Bremen zu sein.

§ 6. Der jährliche Verlauf der interdiurnen Veränderlichkeit der Temperatur um 8^a, 2^p, 8^p an der deutschen Küste.

In Tab. VII ist entsprechend Tab. V der jährliche Gang der I. T.-V. an den Stationen der Küste für die Beobachtungs-Termine 8^a, 2^p, 8^p zum Ausdruck gebracht. Hiernach fällt das Winter-Maximum für alle Termine an der Ostsee durchweg auf den Januar, an der Nordsee jedoch theilweise auf den Dezember und November; das II. Maximum findet ebenso zu allen Terminen an der Nordsee, wie ebenfalls in Kiel im Juni, auf den übrigen Stationen der Ostsee im Mai statt. Grössere Verschiedenheit lehrt die Lage der Minima. Das Frühjahrs-Minimum fällt längs der Küste gleichmässig für 8^a auf den April, für 2^p verfrüht auf den Februar (vereinzelt März) und für 8^p wieder später, durchschnittlich gegen den Gang für 8^a etwas verfrüht auf März bis April. Eine ausgesprochene zeitliche Verschiebung des Eintritts der Extreme beim Fortschreiten längs der Küste erfährt nur das Sommer-Minimum, das sich nach Osten hin für 8^a etwas, für 8^p stark verfrüht und für 2^p verspätet; es fällt für 8^a in Borkum auf den September, für die übrigen Stationen auf den August, in Rügenwaldermünde und Memel jedoch auf Juli, für 8^p an der Nordsee, wie in Memel, auf September, von Kiel bis Neufahrwasser auf Juli und für 2^p an der Nordsee meist, wie in Kiel und Memel, auf September, von Wustrow bis Neufahrwasser auf Oktober oder November.

Der grösste Werth der I. T.-V. fällt für 2^p durchweg auf das Sommer-, für 8^a und 8^p auf das Winter-Maximum, ausgenommen die Nordseeinseln Borkum und Keitum, die das Haupt-Maximum um 8^p im Sommer zeigen. Als Haupt-Minimum tritt für alle drei Termine gleichmässig das II. Minimum des Jahres in der zweiten Jahreshälfte auf, ausgenommen den Verlauf für 2^p in Rügenwaldermünde, der den niedrigsten Werth im Februar zeigt.

Sehr auffällig ist die Uebereinstimmung, die die Verhältnisse in Memel mit denen der Nordsee im Gegensatz zu den an der Ostsee auftretenden Abweichungen zeigen. Vergleichen wir den Verlauf an der Ostseeküste mit dem von Barnaul, so ergiebt sich, abgesehen von den für die kalte Jahreszeit durch den Unterschied der Stärke der Ausstrahlung bedingten Abweichungen, als weiterer Unterschied zumal, dass das Sommer-Minimum um 2^p und 8^p in Barnaul zeitiger als an der Nordsee (September) im August eintritt, während die I. T.-V. um 2^p an der Ostsee von Wustrow bis Neufahrwasser bis zum Oktober-November ca. 2 Monate länger sinkt und um 8^p von Kiel bis Neufahrwasser ca. zwei Monate zeitiger als an der Nordsee und einen Monat zeitiger als in Barnaul zu steigen anfängt. Es scheinen für die Ostsee von Wustrow bis Neufahrwasser besondere Bedingungen vorzuliegen, die für das Minimum der II. Jahreshälfte um 2^p eine Verspätung und um 8^p eine Verfrühung im jährlichen Verlauf der I. T.-V. herbeiführen, während sie für den Verlauf um 8^a noch keinen Einfluss auf die Lage dieses Minimums auszuüben vermögen. Wahrscheinlich handelt es sich auch hier, wie oben (§ 4), um eine Wirkung der Seewinde.

Digitized by Google

Tab. VII (cf. § 6). **Jährlicher Gang der interd. Veränderlichkeit der Temperatur an der Küste und in Barnaul um 8^a, 2^p, 8^p.**

		Borkum	Keitum	Bremen	Wilhelmshaven	Hamburg	Kiel	Wustrow	Swinemünde	Rügenwaldermünde	Neufahrwasser	Memel	Barnaul
8^h a. m. Ortszeit:	a) I. Max.	**12**	**11**	**11**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**12**
	Δ	−0.6	−0.8	−1.3	−1.1	−1.0	−1.1	−1.2	−1.3	−1.4	−1.6	−1.3	−4.4
	b) I. Min.	**4**	**4**	**4**	**4**	**4**	**5**	**4**	**4**	**4**	**4**	**4**	**4**
	Δ	0.4	0.4	0.5	0.4	0.3	0.4	0.5	0.5	0.7	0.4	0.8	0.5
	c) II. Max.	**6**	**6**	**6**	**6**	**6**	**6**	**5**	**5**	**5**	**5**	**5**	**5**
	Δ	−0.6	−0.5	−0.6	−0.5	−0.5	−0.5	−0.5	−0.6	−0.7	−0.7	−0.9	−1.5
	d) II. Min.	**9***	**8***	**8***	**8***	**8***	**8***	**8***	**8***	**7***	**8***	**7***	**8***
	Δ	0.9	0.9	1.4	1.1	1.2	1.2	1.3	1.4	1.4	1.9	1.4	5.4
	a—c	0.2	0.4	0.8	0.6	0.7	0.7	0.7	0.8	0.7	1.2	0.6	3.9
	d—b	−0.2	−0.0	−0.1	−0.0	−0.2	−0.2	−0.1	−0.1	−0.0	−0.3	−0.1	−1.0
2^h p. m. Ortszeit:	a) I. Max.	**1**	**12 (1)**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**12**	**12**
	Δ	−0.2	−0.2	−0.2	−0.1	−0.4	−0.1	−0.3	−0.3	−0.6	−0.7	−0.7	−1.9
	b) I. Min.	**2**	**3**	**2**	**2**	**2**	**2**	**2**	**2**	**2***	**2**	**3**	**4**
	Δ	0.9	0.8	1.0	0.5	0.9	0.5	0.8	0.7	1.5	1.2	1.4	0.6
	c) II. Max.	**6**	**6**	**6**	**6**	**6**	**6**	**5**	**5**	**5**	**5**	**5**	**5**
	Δ	−0.9	−1.0	−1.1	−0.8	−1.0	−0.8	−0.9	−1.0	−1.3	−1.2	−1.5	−1.3
	d) II. Min.	**10***	**9***	**9***	**9***	**9***	**9***	**10***	**11***	**10**	**11***	**9***	**8***
	Δ	0.2	0.4	0.4	0.3	0.5	0.3	0.4	0.6	0.5	0.7	0.8	2.6
	a—c	−0.6	−0.6	−0.8	−0.4	−0.5	−0.4	−0.5	−0.4	−0.9	−0.5	−0.7	1.3
	d—b	−0.0	−0.2	−0.1	−0.2	−0.1	−0.3	−0.1	−0.2	0.1	−0.0	−0.0	−0.7
8^h p. m. Ortszeit:	a) I. Max.	**12**	**12**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**
	Δ	−0.4	−0.4	−0.5	−0.3	−0.5	−0.5	−0.7	−0.5	−0.8	−0.9	−1.1	−3.4
	b) I. Min.	**4**	**3**	**3**	**4**	**3**	**4**	**3**	**4**	**4**	**4**	**3**	**4**
	Δ	0.5	0.7	0.4	0.2	0.4	0.2	0.4	0.1	0.3	0.2	1.1	0.3
	c) II. Max.	**6**	**6 (5)**	**6**	**5**	**6**	**6**	**5**	**5**	**5**	**5**	**5**	**5**
	Δ	−0.6	−0.8	−0.6	−0.4	−0.6	−0.2	−0.7	−0.5	−0.7	−0.6	−1.1	−1.2
	d) II. Min.	**9***	**9***	**9***	**9***	**9***	**7***	**7***	**7***	**7***	**7***	**9* (7)**	**8***
	Δ	0.5	0.5	0.7	0.5	0.6	0.6	1.0	1.0	1.2	1.3	1.1	4.2
	a—c	−0.1	−0.2	0.1	0.0	0.0	0.4	0.3	0.4	0.5	0.7	0.0	3.0
	d—b	−0.1	−0.0	−0.2	−0.2	−0.2	−0.0	−0.3	−0.5	−0.4	−0.4	−0.0	−0.8

Abweichung von diesem durch Eintritt der Extreme gekennzeichneten Gang.*)

Ortszeit	Keitum	Bremen	Wilhelmshaven	Hamburg	Kiel	Wustrow	Swinemünde	Rügenwalderm.	Neufahrwasser	Memel
8^h a. m.	**1/12** 0.04	**1/12** 0.35	**11/12** 0.10	**11/12** 0.20	—	**11/12** 0.09	**11/12** 0.11	**11/12** 0.14	—	**11/12** 0.03
2^h p. m.	**8/7** 0.04	**10/11/12**	**12<9** um 0.03 **11/12** 0.23	**11/10/12**	**8/7** 0.02	—	**3/4** 0.04	**8/7** 0.11	**8/6/7**	—
8^h p. m.	—	**11/12** 0.12	**8/7** 0.05 **11/12** 0.08	**11/12** 0.02	**8/9** 0.04 **11/12** 0.05	**8/9** 0.11	**8/9** 0.03 **3/2** 0.02	**3/2** 0.02	—	**8/7** 0.02 **11/12** 0.07

*) Der als Zähler erscheinende Monat hat eine um den unter dem Bruch angegebenen Betrag grössere I. T.-V. als der Monat des Nenners. Bei je 3 hervorgehobenen Monaten folgen diese in der gegebenen Folge mit abnehmender Grösse der I. T.-V. Borkum und Barnaul zeigten keine Abweichung.

Digitized by Google

§ 7. Die Vertheilung der interdiurnen Veränderlichkeit der Temperatur auf die Stunden des Jahres in Bremen und Barnaul.

Unter Zugrundelegung der vieljährigen Monatsmittel für die 24 Stunden sind Taf. *I* und *II* gezeichnet worden, die für Bremen und Barnaul den Verlauf der Linien gleicher interdiurner Veränderlichkeit zeigen. Der Abstand ist für die Monatsordinaten doppelt so gross wie für die den Stunden entsprechenden Abscissen gewählt. Die Zeichnung ist über den Dezember hinaus bis Februar (März) und über Mitternacht bis 1^a erweitert worden, um den Verlauf der Kurven um Mitternacht und Dezember besser hervortreten zu lassen.

Beide Tafeln lassen das Nachmittags-Maximum der warmen Jahreszeit mit seinem Zentrum gegen 2^p, in Bremen gegen den Juni, in Barnaul gegen Mai symmetrisch gelegen, als ein umfangreiches geschlossenes Gebilde hervortreten, umgeben von einem Gebiet relativ kleiner I. T.-V., in dem die I. T.-V. zunächst abnimmt und dann wieder zunimmt; für Bremen und Barnaul treten in diesem Gebiet 4 Minima auf, nämlich 2 gegen 7 und 8^h Morgens und 2 am späten Abend, letztere der Lage nach in geringerer Uebereinstimmung. Gegenüber diesem Maximum liegt das winterliche Maximum, das sich vom späten Abend bis gegen Sonnenaufgang erstreckt und die höchsten Werthe gegen 6^a—8^a zeigt. Bremen zeigt zwei Kerne höchster I. T.-V. von gleicher Intensität in diesem Winter-Maximum, im November und Januar gelegen, und für Barnaul findet sich auch neben dem im Dezember auftretenden Kern noch ein zweiter, etwa zwei Monate später gelegen, angedeutet, aber von geringerer Intensität. Für Bremen und Barnaul erscheint ferner übereinstimmend in den frühen Morgenstunden des Mai ein Maximum und am Nachmittag im Dezember ein Minimum, letzteres in Bremen als geschlossenes Gebiet ausgesprochen, in Barnaul jedoch nur von geringerer Ausdehnung; diese mehr nebensächlichen sekundären Gebilde der warmen und kalten Jahreszeit fallen somit der Zeit nach zusammen, während die für diese Jahreszeiten bestimmenden Gebiete in der Zeit um ca. 1 Monat verschoben erscheinen. Was die Grösse der I. T.-V. anbetrifft, so findet sich in den Gebieten relativ kleiner I. T.-V., denen das zweite Minimum des jährlichen Ganges angehört, die grösste Uebereinstimmung, indem die I. T.-V. in Barnaul in diesem Gebiet die von Bremen nur um wenige Zehntelgrad übersteigt, während diese Unterschiede sonst grössere Werthe erreichen und im winterlichen Maximum 4 Grad übersteigen. Bei dem im allgemeinen weit gedrängteren Verlauf der Linien gleicher I. T.-V. in Barnaul fällt die relative Ausdehnung des dem sekundären Jahres-Minimum angehörenden Gebietes in die Augen; besonders auffallend aber tritt neben diesem weit gedrängteren Verlauf der Kurven von Barnaul als Abweichung die relative Höhe der Extreme hervor. Gegenüber dem nahezu gleichen Betrage von etwas über 3° der beiden Maxima in Bremen, erreicht das Sommer-Nachmittags-Maximum in Barnaul 4°1, das winterliche Maximum hier aber 7°3, und das Früh-Maximum übersteigt hier im Mai das Nachmittags-Maximum, während es in Bremen ca. 1° weniger als dieses beträgt. Der Vergleich der beiden Tafeln lehrt in einfacher Weise, wie überall dort, wo die Ausstrahlung im Effekt überwiegt, die Unterschiede der Grösse der I. T.-V. ganz erheblich anwachsen, sei es in dem Tages- oder dem Jahres-Verlauf.

§ 8. Die Vertheilung der interdiurnen Veränderlichkeit der Temperatur um 8^a, 2^p, 8^p an der deutschen Küste.

Tab. I zeigt, dass von den Stationen der Nordsee für alle Termine fast durchweg Borkum und Keitum mit etwa gleichen Beträgen die kleinsten, Wilhelmshaven und Hamburg — ersteres meist etwas kleinere als Hamburg — grössere und Bremen die grössten Werthe der I. T.-V. besitzen. Je weiter eine Station von der Küste entfernt ist, um so stärker wird die Wirkung der Insolation und der Ausstrahlung auf die Temperatur zu veranschlagen sein, und es folgen demnach hier als gegen die Inselstationen besonders begünstigt die Stationen an der Nordsee in der Reihenfolge Wilhelmshaven, Hamburg und Bremen.*) Um den Verlauf der I. T.-V. längs der Küste festzustellen, sehen wir von diesen Stationen ab. Wir finden dann um 8^a im Oktober bis Dezember ein stetiges Anwachsen nach Osten hin, wenn auch von Kiel bis Swinemünde nur um kleine Beträge; in den übrigen Monaten treten mehrfache Schwankungen im Verlauf von Westen nach Osten auf, indem die Werthe für Neufahrwasser und Memel in ihrer relativen Grösse mit

*) Inwieweit die Werthe von Bremen etwa durch einen stärkeren Einfluss der Ein- und Ausstrahlung infolge Aufstellung des Thermographen in einer Hütte beeinflusst sind, entzieht sich der Beurtheilung.

Digitized by Google

einander abwechseln, Swinemünde theilweise besonders grosse Werthe zeigt, und insbesondere findet sich für April bis August wenig Verschiedenheit von Borkum bis Wustrow und im Juli sogar hier die geringste I. T.-V.

Um 2^p ist die I. T.-V. in Memel mit Ausschluss der Wintermonate kleiner als in Neufahrwasser, vermuthlich wegen des besonderen Verlaufes der Küste in Memel, in dem die vorherschenden Winde vom Meere wehen und der Entwickelung hoher Strahlungs-Temperaturen entgegenwirken; sieht man von den relativ hohen Werthen für Swinemünde ab, so zeigt sich an der Ostsee fast durchweg eine geringe Zunahme von Kiel bis Neufahrwasser. Der Vergleich mit den Nordsee-Inseln lehrt, dass für diese Tageszeit fast im ganzen Jahre nur kleine Unterschiede zwischen diesen und der westlichen Ostsee bestehen und hier in der warmen Jahreszeit wiederum theilweise die niedrigsten Werthe angetroffen werden.

Um 8^p tritt, abgesehen von den zu dieser Stunde für Memel und Swinemünde bestehenden Ungleichmässigkeiten, im Dezember, Januar, April und Mai an der Ostsee die stetige Zunahme nach Osten hin hervor; in den übrigen Monaten zeigen sich weitere Störungen dieses Verlaufes, besonders eine Abnahme von Kiel nach Wustrow, wo im Juni und Juli, wie im Mai in Kiel, die geringste interdiurne Veränderlichkeit an der Küste beobachtet wird und zu dieser Zeit fast durchweg nur kleine Unterschiede gegen die Nordsee-Inseln hervortreten.

Die für Bremen berechnete I. T.-V. übertrifft vielfach, und besonders im Juni und Juli bei weitem, die für die übrigen Stationen ermittelten Beträge, um 2^p im Juli erreicht sie den gleichen Werth wie in Barnaul. Für diese Station des innern Russlands nimmt die I. T.-V. in den kalten Monaten ausserordentlich grosse Werthe an, die mit denen der Küste in keinem Vergleich stehen, während in den warmen Monaten die Unterschiede wesentlich verschwinden und mehrfach weniger als $^1/_2$ Grad im Vergleich mit den an der Küste beobachteten grössten Werthen betragen.

Welche Maxima die I. T.-V. in den einzelnen Monaten des Zeitraumes an der Küste erreicht haben, zeigt folgende Tabelle.

Tab. VIII (cf. § 8.) **Höchste Monatswerthe der interdiurnen Veränderlichkeit an der deutschen Küste 1890/99.**

	8^a		2^p		8^p	
Borkum	2.9	Dezbr. 99	3.2	Juni 96	2.6	Jan. 92 u. 95
Wilhelmshaven	3.2	Novbr. 97	3.2	Apr. 93, Mai 94, Juni 97	3.2	Januar 93
Keitum	3.3	Januar 93	3.3	Juni 97	3.2	Juni 97
Borkum	3.8	„ 93	3.5	„ 93	3.6	Januar 93
Kiel	3.6	Januar 93	3.7	Juni 97	3.5	Januar 93
Wustrow	5.6	„ 93	3.9	Mai 90	3.9	„ 93
Swinemünde	5.2	Januar 93	4.2	April 93	4.0	Januar 93
Rügenwaldermünde	4.3	„ 93	4.4	Mai 90	3.6	„ 93
Neufahrwasser	5.0	Januar 93	4.3	Jan. u. April 93	5.0	Januar 93
Memel	4.6	Febr. 93	4.4	April 90	4.5	„ 96

Hiernach hat die I. T.-V. während des Beobachtungs-Zeitraumes auf allen Stationen an allen Terminen 3° überschritten, ausgenommen den Morgen und Abend in Borkum. Ostwärts bis Kiel wurden 4° nicht erreicht, weiter nach Osten hin aber am Morgen und Nachmittag fast durchweg, am Abend vereinzelt überschritten. Mehr als 5° im Monatsmittel kam als I. T.-V. im Januar 1893 von Wustrow ostwärts am Morgen vielfach, und in Neufahrwasser am Abend vor; als höchster Werth wurde 5°6 in Wustrow für 8^a dieses Monats beobachtet.

Um den Einfluss der insularen Lage nach einer besonderen Richtung festzustellen, wurden für den gleichen Beobachtungs-Zeitraum die Aenderungen des Minimums und des Maximums der Temperatur von

Digitized by Google

Tag zu Tag für Borkum, Kiel und Neufahrwasser in den Monaten Mai bis August berechnet. Es ergaben sich gegen die I. T.-V. um 8^a und 2^p die in der folgenden Tabelle zusammengestellten Abweichungen, bei denen das positive Vorzeichen den Ueberschuss für die Extrem-Temperatur anzeigt.

Tab. IX. **Interdiurne Veränderlichkeit der Minimum-Temperatur weniger die der Temperatur 8^a.**

	Mai	Juni	Juli	August
Borkum	−0.24	−0.52	−0.36	−0.19
Kiel	+0.37	+0.05	+0.18	+0.44
Neufahrwasser	−0.07	+0.30	+0.29	+0.58

Interdiurne Veränderlichkeit der Maximum-Temperatur weniger die der Temperatur 2^p.

	Mai	Juni	Juli	August
Borkum	−0.11	−0.09	−0.26	−0.25
Kiel	−0.22	−0.33	−0.27	−0.30
Neufahrwasser	−0.07	−0.19	−0.09	−0.13

Da die höchste Temperatur am Tage im allgemeinen nicht bedeutend von der Temperatur um 2^p abweicht und diese in ihrer Aenderung von Tag zu Tag mehr von den kleineren Zufälligkeiten der Bewölkung abhängt, so musste erwartet werden, dass die interdiurne Veränderlichkeit der Maximum-Temperatur kleiner als die der Temperatur um 2^p sein werde, wie wir dies für die warmen Monate der Tabelle bei allen 3 Stationen bestätigt finden; diese lehrt, dass der Unterschied die grössten und nahezu gleichen Werthe für alle Monate in Kiel und den Juli und August in Borkum hat, während kleinere, von einander wenig verschiedene Werthe für Borkum im Mai-Juni und in allen Monaten für Neufahrwasser auftreten. Grössere Verschiedenheiten ergaben sich in dem Verhalten der interdiurnen Veränderlichkeit der Minimum-Temperatur. Nach dem täglichen Gang der I. T.-V. von Bremen stand zu erwarten, dass diese nach ihrem Sinken gegen Sonnenaufgang die interdiurne Veränderlichkeit der Minimum-Temperatur um 8^a noch nicht wieder erreicht haben würde, und entsprechend treten auch für Kiel und Neufahrwasser mit einer Ausnahme positive Vorzeichen der Unterschiede auf; aber für Borkum zeigt sich die interdiurne Veränderlichkeit der Minimum-Temperatur abweichend ziemlich erheblich geringer als die der Temperatur um 8^a. Zusammen mit dem vorigen Verhalten dürfte hieraus der Schluss zu ziehen sein, dass die insulare Lage den Effekt der Ausstrahlung in hohem Grade zu beeinflussen vermag, während eine solche Einwirkung bei dem Effekt der Insolation hier nicht hervortritt.

Eine Erklärung dieser Einwirkung der insularen Lage ist darin zu suchen, dass einerseits die Luft stets relativ feucht ist und Nebelbildung meist stärkeren Temperatur-Erniedrigungen entgegenwirken wird, und dass andererseits die in Folge der nächtlichen Ausstrahlung erkaltende Luft im Innern des Kontinents liegen bleiben muss, während sie auf der Insel seitlichen Abfluss findet.

§ 9. Die mittlere interdiurne Veränderlichkeit der Temperatur an der Küste.

Als arithmetische Mittel der interdiurnen Veränderlichkeit der Temperatur um 8^a, 2^p und 8^p erhält man die in Tab. X. zusammengestellten Werthe für die mittlere interdiurne Veränderlichkeit, von denen nach den im Eingang gegebenen Darlegungen zu erwarten steht, dass sie der wahren M. I. T.-V., wie solche sich aus den interdiurnen Aenderungen sämtlicher Stundenwerthe berechnen würde, sehr nahe kommen und den jährlichen Gang wesentlich getreu wiedergeben werden.

Sehen wir von Wilhelmshaven, Hamburg und Bremen ab, für die die M. I. T.-V, abweichend grössere und meist in dieser Reihenfolge der Stationen ansteigende Werthe zeigt, die nach obigen Darlegungen (§ 8) gerechtfertigt erscheinen, so zeigt die M. I. T.-V. für November bis Februar ein Ansteigen vom Westen nach Osten bis auf kleine Unebenheiten, die besonders durch relativ grosse Werthe von Swinemünde hervorgerufen werden; das Gleiche gilt für den März und April, nur zeigt Memel eine Abnahme gegen Neufahrwasser. Im Mai tritt an der Ostsee eine starke, ostwärts gerichtete Zunahme auf, doch finden wir in Kiel und Wustrow bereits so niedrige Werthe wie auf den Nordsee-Inseln und zum Theil niedrigere, ein Verhalten, das bis zum August beobachtet wird. Während Juni bis August zeigt Bremen die grösste M. I. T.-V.; dann tritt das Minimum wieder auf den Nordsee-Inseln auf, die Zunahme von Westen nach Osten wird allmählich wieder regelmässiger.

Im jährlichen Gang der M. I. T.-V. fällt das Haupt-Maximum mit Ausnahme der Nordsee-Inseln, die es im Juni zeigen, auf den Januar, das Frühjahrs-Minimum auf März oder April, das Maximum der warmen

Digitized by Google

Jahreszeit ostwärts bis Kiel auf den Juni, von Wustrow bis Memel auf den Mai und das zweite Minimum des Jahres, das durchweg die niedrigsten Werthe der M. I. T.-V. darstellt, fällt auf den September, ausgenommen Swinemünde, Wustrow und Neufahrwasser, die dieses Minimum im Juli zeigen. November und Dezember haben im ganzen nahe übereinstimmende und auf den Nordsee-Inseln wenig vom Januar abweichende Werthe, während der Januar an der Ostsee nach Osten bis Neufahrwasser stark anwachsende Zunahme gegen die beiden letzten Monate des Jahres aufweist. Analog zeigt der Juni an der Nordsee gegen den Mai nur wenig verschiedene, etwas grössere Werthe der M. I. T.-V., während diese an der Ostsee von Wustrow bis Neufahrwasser eine an Grösse zunehmende Abnahme von Mai bis Juni erfährt. Im übrigen verlaufen die Aenderungen längs der Küste von Monat zu Monat meist in dem gleichen Sinne und zeigen wenig Beachtenswerthes in Bezug auf ihre geographische Vertheilung.

Tab. X (cf. § 9).

Mittlere interd. Veränderlichkeit der Temp. 1890/99 an der Küste und in Barnaul.

$V_m = {}^1/_3 \, (V_I + V_{II} + V_{III})$

	Borkum	Keitum	Bremen	Wilhelmshaven	Hamburg	Kiel	Wustrow	Swinemünde	Rügenwaldermünde	Neufahrwasser	Memel	Barnaul
Januar	**1.83**	1.85	**2.63**	**2.26**	**2.44**	**2.17**	**2.26**	**2.62**	**2.53**	**3.01**	**2.72**	5.73
Februar	1.64	1.75	2.29	2.07	2.03	1.97	1.85	2.25	1.92	2.28	2.38	5.44
März	1.49*	1.52*	2.12*	1.95	1.97*	1.74	1.67*	2.26	1.94	2.33	1.81*	4.68
April	1.56	1.63	2.15	1.87*	1.98	1.73*	1.74	2.11*	1.88*	2.17*	2.01	3.16*
Mai	1.87	2.03	2.46	2.07	2.25	1.77	**2.09**	**2.32**	**2.43**	**2.53**	**2.79**	**3.63**
Juni	**2.02**	**2.09**	**2.60**	**2.14**	**2.35**	**1.96**	1.94	2.23	2.12	2.06	2.17	2.96
Juli	1.69	1.70	2.24	1.95	2.04	1.65	1.53	1.84**	1.64**	1.91**	1.83	2.40
August	1.52	1.55	1.99	1.75	1.87	1.61	1.55	1.89	1.78	1.98	1.84	2.32**
September	1.31**	1.43**	1.91**	1.68**	1.78**	1.57**	1.49**	1.85	1.78	2.02	1.75**	3.09
Oktober	1.55	1.66	2.18	1.87	1.97	1.74	1.73	1.92	1.90	2.22	2.06	3.67
November	1.80	**1.90**	2.52	2.14	2.23	1.97	1.96	2.05	2.09	2.26	2.49	5.41
Dezember	**1.83**	1.89	2.26	2.01	2.11	1.99	2.06	2.12	2.08	2.45	2.56	**6.38**
Jahr	1.68	1.75	2.28	1.98	2.08	1.82	1.82	2.12	2.01	2.27	2.20	4.07

Jährlicher Gang der mittl. interd. Veränderlichkeit der Temperatur an der Küste.

a) I. Max.	**12/1**	**11**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**12**
Δ	−0.3	−0.4	−0.5	−0.4	−0.5	−0.4	−0.6	−0.5	−0.6	−0.8	−0.9	−3.2
b) I. Min.	**3**	**3**	**3**	**4**	**3**	**4**	**3**	**4**	**4**	**4**	**3**	**4**
Δ	0.5	0.6	0.5	0.3	0.4	0.2	0.3	0.2	0.6	0.4	1.0	0.5
c) II. Max.	**6**	**6**	**6**	**6**	**6**	**6**	**5**	**5**	**5**	**5**	**5**	**5**
Δ	−0.7	−0.7	−0.7	−0.5	−0.6	−0.4	−0.6	−0.5	−0.8	−0.6	−1.0	−1.3
d) II. Min.	**9****	**9****	**9****	**9****	**9****	**9****	**9****	**7****	**7****	**7****	**9****	**8**
Δ	0.5	0.5	0.7	0.6	0.7	0.6	0.8	0.8	0.9	1.1	1.0	4.1
a—*c*	−0.2	−0.2	0.0	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.1	0.5	−0.1	2.8
d—*b*	−0.2	−0.1	−0.2	−0.2	−0.2	−0.2	−0.2	−0.3	−0.2	−0.3	−0.1	−0.8

Der Unterschied zwischen dem grössten und kleinsten Werthe der M. I. T.-V. an der Küste beträgt in den einzelnen Monaten meist 0°6 bis 0°8, sinkt im August bis 0°4 und erreicht im Mai 1°0, im Januar aber mit 1°2 den höchsten Betrag.

Die M. I. T.-V. zeigt in Barnaul in den kalten Monaten meist mehr als das Doppelte der an der Küste auftretenden Höchstbeträge, im Juli und August jedoch Werthe, die sich von denen der Küste nicht weit entfernen.

Verfolgen wir die in Tab. X gegebenen Aenderungen von einem Extrem zum folgenden, so bemerken wir, dass die das II. Maximum hervorrufenden Aenderungen eine grosse Uebereinstimmung unter sich zeigen und wenig von Barnaul abweichen, während die dem Winter-Maximum benachbarten Aenderungen *d* und *a* eine ausgesprochene Zunahme von Westen nach Osten aufweisen und, wie zu erwarten, in Barnaul ganz

Digitized by Google

erheblich grössere Beträge besitzen. Der Unterschied der Tiefe beider Minima im Jahre beträgt an der Küste 0°1 bis 0°3, und bis auf Neufahrwasser kommt der gleiche auch den beiden Maxima zu, während Barnaul für den Unterschied der Minima einen nur etwas grösseren, 0°8, für den der Maxima aber den erheblich grösseren im Betrage von 2°8 zeigt.

§ 10. Der jährliche Gang der mittleren interdiurnen Veränderlichkeit der Temperatur an der Küste im Vergleich mit dem der interdiurnen Veränderlichkeit der Tagesmittel der Temperatur über Nord-Europa und Russland.

In der angeführten Arbeit von Wahlén finden sich für Russland und einige andere, Nord-Europa angehörende Stationen die langjährigen Monats-Mittelwerthe der interdiurnen Veränderlichkeit der Tagesmittel der Temperatur berechnet und für weitere Stationen Europas finden sich diese Werthe in grosser Zahl von Hann in der Arbeit „Die Veränderlichkeit der Temperatur in Oesterreich“ (Met. Zeitschrift, IX. Jahrg., 1892). Diese beziehen sich jedoch, mit Ausnahme von Wien, wesentlich auf einen zu kurzen Zeitraum, um mit grösserer Aussicht auf Erfolg zum Vergleich hier herangezogen zu werden, zumal der jährliche Gang der I. V. der Tagesmittel von der Wahl der Temperatur-Mittelformel abhängig ist und nicht mit Sicherheit gleich dem der M. I. T.-V. angenommen werden kann.

Wir begnügen uns daher neben der Station Wien mit den von Wahlén gegebenen Zahlen und stellen in Tab. XI die den jährlichen Gang darstellenden Grössen analog Tab. X zusammen. Zur Erläuterung dürfte nur hinzuzufügen sein, dass der durch die Lage der Extreme gekennzeichnete Gang nur dort Unstetigkeiten aufweist, wo dies in der Tabelle und zwar in der Weise, dass der mehr veränderliche Monat als Zähler des Bruches hingeschrieben wurde, angegeben ist; diese Art der Bezeichnung findet sich auch bei den weiteren Angaben (Δ), die bei abweichender Lage eines Extrems hinzugesetzt wurden, während bei der Aenderung von Mai bis Juni, wie vom Dezember bis Januar, die Grössen $^5/_6\,\Delta$ und $^{12}/_1\,\Delta$ so zu verstehen sind, dass ein Pluszeichen eine Zunahme mit der Zeit anzeigt.

Auf dem ganzen Gebiete finden wir die doppelte Schwankung im Jahre, nur für Lugan, Fort Alexandrowsk und Enisseisk ergiebt sich eine einfache Schwankung, ein Winter-Maximum gegenüber einem Sommer-Minimum in stetigem Uebergang, entsprechend dem täglichen Winterverlaufe. Das durch $\Delta = c - b$ seiner Grösse nach gekennzeichnete sekundäre Maximum der jährlichen Periode ist fast durchweg unbedeutend und verschwindet auch in Astrachan fast vollständig; mit Ausnahme Skandinaviens erstreckt sich das Steigen bei diesem Maximum meist nur auf 1 Monat — gegenüber 3 Monaten an der Nordseeküste.

Von West-Russland und dem Eismeer nach dem Kaspischen Meere hin finden wir das Winter-Maximum wie in Wien und mit Ausnahme der Nordsee-Inseln an der Küste im Januar, über Skandinavien wie auf den östlichen und im allgemeinen nördlichen Stationen Russlands, von Wjatka bis nach dem Stillen Ozean im Dezember, in Visby und Baltischport im Februar.

Das erste Minimum stellt sich für die grosse Mehrzahl der Stationen der Tab. XI im April ein, wie meist an der Ostseeküste, seltener, in Uebereinstimmung mit der westdeutschen Küste im März, und auf den nördlichsten Stationen Haparanda, Archangel (nahezu auch in Kem), wie den östlichsten Jakutsk und Nikolaewsk, im Mai. Das II. Maximum tritt über Skandinavien und am Eismeer, wie im äussersten Osten Russlands in Uebereinstimmung mit der westdeutschen Küste im Juni, im übrigen Gebiet, ebenso wie von Wustrow bis Memel, im Mai ein; eine weitere Verfrühung bis April zeigt Wien. Das II. Minimum finden wir fast durchweg im August; nur an wenigen Stationen des Innern Russlands fällt es auf den Juli, gegen August wenig verschieden, und am Weissen Meere wie im äussersten Osten in Uebereinstimmung mit der westdeutschen Küste auf den September, in Wien auf den Oktober. **Von wenigen Ausnahmen abgesehen, fällt also,** an der Küste wie auf dem ganzen übrigen Gebiete, **das I. Maximum, das ausser den Inselstationen das Haupt-Maximum darstellt, auf Dezember-Januar, das I. Minimum auf März-April, das II. Maximum auf Mai-Juni und das II. Minimum, das durchweg die kleinste M. I. T.-V. zeigt, auf August-September.** Es scheint die gleichmässigste Anordnung der Extreme Dezember, März, Juni, September, entsprechend der Lage der Solstitien und Aequinoktien, den Verlauf der M. I. T.-V. im ausgesprochen ozeanischen Klima dieser Breite darzustellen und die Anordnung Januar, April, Mai, August, also durchweg eine Verschiebung des Eintritts der Extreme um einen Monat, nach Frühjahrs-Ende hin, für rein kontinentale Gebiete dieser Breite zu gelten. Es würde hiernach das II. Maximum im Juni an der westdeutschen Küste, über Skandinavien,

Digitized by Google

Tab. XI (cf. § 10).

Jährlicher Gang der interdiurnen Veränderlichkeit des Tagesmittels der Temperatur

in Nordeuropa, Russland und Wien.

	(A)			(B)					(C)		(D)							(E)								Wien
	Westervig	Visby	Baltischport	Gothenburg	Karlstad	Falun	Hernösand	Haparanda	Kem	Archangel	Warschau	Wilna	Kiew	Lugan	Astrachan	Fort Alexandrowsk	Irgis Fort Uralsk	Wjatka	Bogoslowsk	Katharinenburg	Barnaul	Enisseisk	Nertschinsk	Jakutsk	Nikolaewsk am Amur	
Geographische Breite	57°46′	57°39′	59°21′	57°42′	59°23′	60°36′	62°38′	65°50′	64°57′	64°33′	52°13′	54°41′	50°27′	48°35′	46°21′	44°31′	48°37′	58°36′	59°45′	56°49′	53°20′	58°27′	51°19′	62° 1′	53° 8′	48°15′
Geogr. Länge östl. Gr.	16°39′	18°18′	24° 3′	11°58′	13°30′	15°38′	17°57′	24° 9′	34°39′	40°32′	21° 2′	25°18′	30°30′	39°20′	48° 2′	50°16′	61°16′	49°41′	60° 1′	60°35′	82°47′	92° 6′	119°37′	129°42′	140°43′	16°21′
Höhe in Met.	13	16	10	9	55	116	15	9	10	10	120	120	180	60	20	25	110	180	190	270	140	80	660	160	20	203
Anzahl d. Beob.-Jahre	20	20	44	20	20	20	20	20	21	69	101	100	27	46	44	35	21	26	45	52	45	12	42	37	49	90
a) I. Max.	**12**	**2**	**2**	**12**	**12**	**12**	**12**	**12**	**1**	**1**	**1**	**1**	**12(2)**	**1**	**1**	**2**	**1**	**12**	**12**	**12**	**12**	**12**	**12**	**11**	**12**	**1**
Δ	−0 5	−0.2	−1.2	-0.8	−1.3	−2.1	−1.8	−2.9	−1.4	−1.7	−0.4	−0.8	−0.7	—	−1.2	—	−1.6	−2.0	−2.4	−1.6	−2.5	—	−0.5	−1.3	−2.0	−0.2
b) I. Min.	**4**	**3**	**4**	**4**	**4**	**4**	**4**	**5**	**4**	**5**	**3**	**4**	**3**	—	**4**	—	**4**	**4**	**4**	**4**	**4**	—	**3**	**5**	**5***	**3**
Δ	0.1	0.3	0.4	0.2	0.3	0.4	0.2	0.4	0.8	0.3	0.2	0.2	0.3	—	0.0	—	0.2	0.6	0.3	0.5	0.3	—	0.3	0.2	0.5	0.1
c) II. Max.	**5**	**5**	**5**	**6**	**6**	**6**	**6**	**6**	**6**	**6**	**5**	**5**	**5**	—	**5**	—	**5**	**5**	**5**	**5**	**5**	—	**5**	**6**	**7**	**4**
Δ	−0.7	−0.6	−0 6	- 0.6	−0.6	−0.7	−0.7	−0.7	−1.4	−1.0	−0.6	−0.6	−0.4	—	−0.4	—	−0.6	−0.8	−1.1	−1.0	−1.4	—	−1.3	−0.6	−0.2	−0.5
d) II. Min.	**8***	**8***	**8***	**8***	**8***	**8***	**8***	**8***	**9***	**9***	**8***	**8***	**9***	**7***	**7***	**8***	**8***	**9***	**8***	**8***	**7***	**8***	**8***	**9***	**9**	**10***
Δ	1.0	0.5	1.4	1.2	1.6	2.4	2.3	3.2	2.0	2.4	0.8	1.2	0.8	1.6	1.5	1.1	2.0	2.0	3.2	2.1	3.5	3.7	1.5	1.8	1.7	0.6
a—*c*	0.4	−0.2	0.8	0.6	1.0	1.7	1.6	2.5	0.6	1.4	0.2	0.6	0.4	—	1.1	—	1.4	1.2	2.1	1.1	2.1	—	0.2	1.2	1.5	0.1
b—*d*	−0.6	−0.3	−0.2	−0.4	−0.3	−0.3	−0.5	−0.3	−0.6	−0.8	-0.4	−0.4	−0.1	—	−0.4	—	−0.4	−0.2	−0.8	−0.5	−1.0	—	−1.0	−0.4	0.2	−0.4
Abweichung vom Gang	—	**12/1** 0.02	—	**2/1** 0.14	**2/1** 0.07	—	—	--	—	—	—	—	**8/7** 0.01	—	—	—	**10/11** 0.06	—	—	—	—	—	—	(**3/1/2**)	—	—
5/6 Δ	−0.1	−0.0	−0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.4	0.6	0.3	−0.1	−0 2	−0.2	−0.2	−0.2	−0.2	−0.1	−0.1	−0.3	−0.3	−0.7	−0 5	−0.7	0.2	0.4	0
12/1 Δ	-0.0	−0.0	0.1	−0.3	−0.2	−0.2	−0.0	−0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	-0.2	0.3	0.1	0.1	0.3	−0.0	−0.1	-0.2	−0.4	−0.2	−0.4	−0.4	-0.4	0.1
		2/1 0.11						**4/5** 0.18	**8/9** 0.07	**8/9** 0.17 **4/5** 0.03	**4/3** 0.12		**8/9** 0.22 **4/3** 0.25	**8/7** 0.04	**8/7** 0.01			**8/9** 0.11			**8/7** 0.04		**4/3** 0.16	**8/9** 0.03 **11/12** 0.01 **4/5** 0.35	**7/6** 0.03 **8/9** 0.11 **4/5** -0.51	**4/5** 0.03	
(Δ)		**4/3** 0.18																								

Digitized by Google

am Eismeer und im äussersten Osten Russlands, das über den gleichen Gebieten, mit Ausnahme Skandinaviens, im September auftretende II. Minimum, wie das auf den Nordsee-Inseln, über Skandinavien und am Stillen Ozean im Dezember beobachtete I. Maximum auf ozeanische Einflüsse zurückzuführen sein, während sich für das auf den Nordsee-Inseln und einigen anderen Stationen der Küste hervortretende I. Minimum im März an keiner der übrigen ozeanischen Einflüssen zugänglichen Stationen, ausser Visby, ein Analogon finden würde.

Einer weiteren Würdigung der Unterschiede der Lage der Extreme der I. V. der Temperatur-Tages-Mittel im jährlichen Gange schicken wir die Unterschiede voraus, die sich aus den von Hann an der genannten Stelle mitgetheilten zehnjährigen Werthen der M. I. V. für Wien ergeben; es lagen die Extreme:

	I. Max.	I. Min.	II. Max.	II. Min.
1801—1810	**2**	**3**	**4**	**9***
1811—1820	**12**	**3**	**4**	**9***
1821—1830	**1**	**3**	**7**	**10***
1831—1840	**1**	**4**	**5**	**10***
1841—1850	**1**	**4**	**6**	**9***
1851—1860	**12**	?	?	**10***
1861—1870	**12**	**3**	**5**	**10***
1871—1880	**12**	**2**	**3**	**10***
1881—1890	**1**	**2**	**3**	**9***
1801—1890	**1**	**3**	**4**	**10**

Hiernach fiel in 9 Dezennien von Jahresgängen das I. Maximum je 4mal auf Januar und Dezember und 1mal auf Februar, das I. Minimum in 8 Dezennien 2mal auf Februar, 4mal auf März und 2mal auf April, das II. Maximum je 2mal auf März, April und Mai und je 1mal auf Juni und Juli, und das II. Minimum durchweg als Haupt-Minimum unter 9 Fällen 4mal auf September und 5mal auf Oktober.

Es ergiebt sich jedenfalls hieraus, dass man mit den Ansprüchen an die Mittelwerthe der interdiurnen Veränderlichkeit der Tages-Mitteltemperaturen nicht zu weit gehen darf und wie wenig insbesondere Beobachtungs-Zeiträume von 10 Jahren zu genügen vermögen.

Da jedoch die Tab. XI sich fast durchweg auf weit längere Beobachtungsreihen stützt und die für die deutschen Küsten berechneten Werthe der M. I. T.-V., wie dargelegt, den wahren Werthen vermuthlich näher kommen als die aus Tagesmitteln der Temperatur abgeleiteten Werthe, so versuchen wir eine Erläuterung der aufgefundenen Gegensätze.

Ueberblicken wir noch einmal Tab. V, so fällt uns auf, dass für Barnaul und Bremen in den für die einzelnen Stunden gegebenen Jahresgängen die Extreme für 9^h p. m. bis 7^h a. m. die gleiche Lage haben, mit der alleinigen Ausnahme, dass das I. Maximum in Bremen von 9^a bis 1^a um 1 Monat verspätet und von 2^a bis 8^a verfrüht erscheint. Die zwischen Barnaul und Bremen in dem jährlichen Gange der M. I. T.-V. andererseits hervortretenden Gegensätze werden hiernach wesentlich durch die Unterschiede hervorgerufen, die den Stundenwerthen für 8^a bis 8^p im jährlichen Gange zukommen! Während in Barnaul die drei ersten Extreme des Jahres für alle Stunden-Jahresgänge unverrückt bleiben und sich nur das II. Minimum für 8^a bis 8^p um eine Stunde verspätet, verfrüht sich in Bremen für 8^a bis Mittag das I. Minimum von April bis Februar, verspätet sich das I. Maximum von Mai bis Juni und das II. Minimum von Juli bis September. Nehmen wir, wie oben, für Barnaul eine stärkere Wirkung der Ausstrahlung an, so wird die Insolation hier erst für die späteren Stunden im Jahresgange hervortreten, sodass die Verfrühung des I. Minimums im jährlichen Gange gegen Mittag hin verhindert wird; die stärkere Ausstrahlung in Barnaul dürfte ebenso die dort beobachtete Verfrühung des II. Minimums, also das Ansteigen der M. I. T.-V. im September statt im Oktober verursachen, während die Verfrühung des II. Maximums in Barnaul für die Tagesstunden — Mai gegen Juni in Bremen — darauf zurückzuführen sein dürfte, dass im kontinentalen Klima an klaren Tagen der Anstieg der Temperatur gegen Mittag hin wegen der vermehrten Wärmeabgabe im Juni nicht den gleichen Betrag wie im Mai erreichen, und diese am Nachmittag stärker als im ozeanischen Klima abnehmen wird. Für die Verfrühung des II. Maximum an der Ostsee im Vergleich zur Nordsee scheint aber eine andere Ursache, die Einwirkung der Seewinde, vorzuliegen, die besonders an heiteren Tagen bei stärkerer Erwärmung

Digitized by Google

des Hinterlandes der Küste kräftig auftreten und die dem heiteren Tage zukommende grössere Wärme herabsetzen; mit der zunehmenden Erwärmung des Hinterlandes muss diese Erscheinung der Seewinde an Regelmässigkeit und Stärke gewinnen. Wie in rein kontinentalen Gebieten vertikale Strömungen — Konvektionsströme — den täglichen Gang der Temperatur zur Zeit der höchsten Sonnenstände im Vergleich mit ozeanischen Gebieten mässigend beeinflussen, so wirken am Gestade des Meeres die horizontalen Seewinde in gleichem Sinne und geben hier Anlass zu der Verschiebung des II. Maximums der M. I. T.-V. vom Juni auf Mai. Während bei der fortschreitenden Erwärmung der Luft über der Ostsee die Wirkung der Seewinde auf die M. I. T.-V. späterhin wiederum abnehmen muss, diese aber vom Juni nach September hin aus der allgemein wirkenden Ursache abnimmt, so muss der Gang der M. I. T.-V. über dem durch Seewinde beeinflussten Gebiet in diesen Monaten Unregelmässigkeiten zeigen, und es muss insbesondere das II. Minimum zeitiger eintreten, wie wir es auch von Swinemünde bis Neufahrwasser beobachten. In Memel, wo wegen des Verlaufs der Küste die Meereswinde dem Einfluss der Insolation in höherem Grade als auf diesen letzten Stationen entgegenwirken, finden wir das II. Minimum wie im ozeanischen Klima dieser Breiten im September. Hier wird der Einwand erhoben werden können, warum der Einfluss der Seewinde nicht an den Nordsee-Stationen hervortrete. In Borkum und Keitum, als Orten auf Inseln, ist ein solcher nicht zu vermuthen, in Bremen und Hamburg würde derselbe wegen der grösseren Entfernung dieser Orte von der Küste nicht ungeschwächt aufzutreten brauchen und es käme für diese Orte ihre kontinentale Lage in Betracht. Bei Kiel würde der besondere Verlauf der Küste von Einfluss sein können, während für Wilhelmshaven auch der Einfluss von Seewinden zu vermuthen sein würde, falls nicht allgemein die der Nordseeküste vorliegenden Watten auf die Entstehung von Seewinden, wie wir sie an Orten an der Ostsee treffen, ungünstig einwirken. Für Borkum wurde zahlenmässig erhärtet, dass die Wirkung der Ausstrahlung auf die I. T.-V. erheblich gegenüber Kiel und Neufahrwasser herabgesetzt erscheint; diesem Einfluss ist das I. Minimum der M. I. T.-V. im März zu danken, dem wir ausser auf den Nordsee-Inseln und an einigen anderen Stationen der Küste, besonders in Memel, nur noch auf der Insel Visby — soweit ozeanische Lage in Betracht kommen kann — begegnen; hier allein treffen wir neben den Nordsee-Inseln und Memel auch Zusammentreffen des grössten Werthes der M. I. T.-V. mit dem II. Maximum des Jahres. Nach diesen Darlegungen würde insbesondere das für die Stationen der Tab. XI im Innern Russlands beobachtete Eintreten des I. Maximums im Dezember, statt, wie zu erwarten, im Januar noch einer Begründung, und der jährliche Gang in Wien einer weiteren Untersuchung bedürfen. Die Verspätung des I. Minimums in Jakutsk und Nikolaewsk am Amur, das dort erst im Mai eintritt, wird seine Erklärung darin finden, dass im Nordosten der grossen Kontinente das Frühjahr durch niedrige Temperaturen gegenüber dem Westen ausgezeichnet ist und daher die Wirkung der Insolation erst später im jährlichen Gang der M. I. T.-V. zur Geltung gelangen wird; zu beachten wäre, dass der gleiche Fall nur noch in Haparanda und Archangel auftritt.

Um noch die mehrfach hervortretende grössere Einwirkung der Ausstrahlung in Barnaul zahlenmässig darzuthun, vergleichen wir auf Tab. II und III den mittleren Gang der I. T.-V. von Stunde zu Stunde für die Nachtstunden und finden:

	Barnaul	Bremen
8^p—10^p	+0.23	+0.03
10^p—12^p	+0.22	+0.09
0^a— 2^a	+0.16	+0.10
2^a— 4^a	+0.17	+0.06
pro Stunde	+0°098	+0°035

Hiernach beträgt die Zunahme der M. I. T.-V. im Mittel des Jahres für die Stunden der Nacht unter der Wirkung der Ausstrahlung in Barnaul fast das Dreifache von dem in Bremen beobachteten Werthe.

§ 11. Weitere durch Temperatur-Beobachtungen gegebene Jahresgänge mit vier Extremen.

Verfolgt man die Aenderung der Temperatur im täglichen Gang vom Minimum bis 8^a, von 8^a bis 2^p und von 2^p zum Maximum wie bis 8^p, so erhält man durchweg Kurven, die zwei Maxima und zwei Minima aufweisen. Da der Verlauf dieser Aenderungen an unserer Küste für die vorliegende Untersuchung beson-

Digitized by Google

deres Interesse besitzt, so wurden aus den gleichen Jahren 1890/99 für Borkum, Kiel, Neufahrwasser und Rügenwaldermünde die zehnjährigen Monatsmittel der Extrem-Temperaturen wie für 8^a, 2^p und 8^p berechnet und der jährliche Gang der genannten Aenderungen in Tab. XII nach Analogie der Tab. X u. XI dargestellt.

Tab. XII (cf. § 11). **Jährlicher Gang von Temperatur-Aenderungen im täglichen Gang der Monatsmittel in den Jahren 1890/99.**

	Minimum bis 8^h a. m.				2^h p. m. bis Maximum			
	Borkum	Kiel	Rügen-walderm.	Neufahr-wasser	Borkum	Kiel	Rügen-walderm.	Neufahr-wasser
a) I. Max. . .	**12**	**1**	**1**	**1**	**12**	**12**	**12**	**12**
Δ	−0.1	−0.3	−0.4	−0.3	−0.6	−0.7	−0.5	−0.7
b) I. Min. . .	**1***	**2***	**2**	**2**	**3**	**3***	**3***	**3***
Δ	1.1	2.8	2.6	3.4	0.3	0.5	1.0	1.1
c) II. Max. . .	**5**	**6**	**6**	**6**	**6**	**7**	**5**	**5**
Δ	−1.1	−2.8	−2.6	−3.4	−0.4	−0.2	−0.9	−0.9
d) II. Min. . .	**11**	**11**	**11***	**11***	**9***	**9**	**9**	**10**
Δ	0.1	0.3	0.4	0.3	0.6	0.3	0.4	0.5
a−*c*	−1.0	−2.4	−2.2	−3.1	0.3	0.2	−0.5	−0.4
b−*d*	−0.0	−0.0	0.0	0.1	0.0	−0.4	−0.1	−0.2
	8^a bis 2^p				2^p bis 8^p (die Temp.-Aenderungen absolut gerechnet)			
b) I. Min. . .	**12***	**12***	**12***	**12***	**1***	**12***	**12***	**12***
Δ	1.6	2.3	1.6	2.0	1.7	2.3	1.5	1.8
a) I. Max. . .	**4**	**4**	**3**	**3**	**5**	**5**	**4**	**4**
Δ	−0.6	−0.6	−0.8	−1.8	−0.5	−0.0	−0.4	−0.5
d) II. Min. . .	**7**	**7**	**5**	**6**	**7**	**6**	**6**	**6**
Δ	0.6	0.5	1.4	2.2	0.2	0.2	0.9	1.3
c) II. Max. . .	**9**	**9**	**9**	**9**	**9**	**8**	**8**	**8 9**
Δ	−1.5	−2.3	−2.2	−2.5	−1.5	−2.5	−1.9	−2.5
a—*c*	0.1	0.1	−0.6	−0.4	0.2	−0.2	−0.5	−0.8
b—*d*	−1.0	−1.8	−0.8	−0.3	−1.3	−2.3	−1.1	−1.2

Die Zunahme vom Minimum bis 8^a zeigt eine kurze Winterwelle von November bis Februar mit einem Maximum im Januar (Borkum hat mehrere Unregelmässigkeiten) und eine lange Sommerwelle von Februar bis November mit einem Maximum, dem Haupt-Maximum, im Juni (Borkum im Mai). Die Zunahme von 2^p bis zum Maximum zeigt Extreme, die nahezu mit den Aequinoktien und Solstitien zusammenfallen, Maxima zur Zeit der letzteren, Minima zur Zeit der Aequinoktien — in Borkum und Kiel das Haupt-Maximum im Dezember, auf den östlichen Stationen im Mai. Hier begegnen wir wiederum dem Einfluss der Seewinde, die der Entwicklung hoher Temperaturen im Juni stärker als im Mai entgegenwirken, wie wir ihn auch bei dem Verlauf der Aenderungen von 8^a bis 2^p und von 2^p bis 8^p antreffen, wo das II. Minimum durch ihn gegen den Westen um einen Monat verfrüht auftritt. Diese beiden Jahresgänge haben die Maxima ungefähr zur Zeit der Aequinoktien, die Minima zur Zeit der Solstitien.

Diese doppelten Schwankungen haben ihren Grund in dem jährlichen Gang der Stärke der Sonnenstrahlung und der Lage der 5 Termine gegen den Sonnenstand. Legt man die von Wiener für diese berechneten Zahlen zu Grunde, so erhält man als Aenderungen der einem Tage zukommenden Gesamtstärke der Sonnenbestrahlung, in gleichen Intervallen fortschreitend, folgende Zahlen in der von Wiener gewählten Einheit:

In 50° Breite	Frühjahr-Aequ.	+56	+48	+33	+11	Sommer-Solst.	−13	−34	−48	−56	Herbst-Aequ.	−55	−46	−30	−10	Winter-Solst.	+10	+30	+52	+51	Frühjahr-Aequ.
In 60° «		+67	+62	+45	+16		−18	−46	−62	−67		−61	−46	−26	− 8		+ 8	+27	+46	+61	

Digitized by Google

II. Theil:

Die Einzelwerthe der interdiurnen Aenderungen der Temperatur um 8^a, 2^p, 8^p in Borkum, Kiel und Neufahrwasser.

Wenn auch der Verfasser die Bearbeitung der in diesem zweiten Abschnitt behandelten Fragen gern für alle Stationen der Küste durchgeführt hätte, so musste wegen Mangels an Zeit hiervon abgesehen werden, und es wurden die vorstehend genannten Stationen als typisch ausgewählt, Borkum als westlichste Inselstation, Kiel als Uebergangsstation zwischen Nord- und Ostsee und Neufahrwasser als typische Ostseestation unter dem Einfluss der Ostsee.

§ 12. Die Aufeinanderfolge der Vorzeichen der interdiurnen Aenderungen der Temperatur von einem Beobachtungs-Termin zum andern.

Wie wir im Eingang dargelegt haben, ist der Betrag der gewöhnlich als M. I. T.-V. berechneten I. V. der Tagesmittel in besonderem Grade abhängig von dem Grade der Uebereinstimmung der Vorzeichen der an jedem Tage für die Beobachtungs-Termine auftretenden interdiurnen Aenderungen; es erschien daher wichtig, zu untersuchen, wie weit eine solche Uebereinstimmung für die ausgewählten Stationen bestehe und welche Gesetzmässigkeiten hierbei auftreten. Zu diesem Zwecke wurde für die 10 Jahre für jeden Beobachtungs-Termin in jedem Falle einer positiven I. Ä. im Betrage von wenigstens 1°5 und einer negativen von wenigstens 1°6, das Vorzeichen dieser Aenderung nebst denen der an den beiden folgenden Terminen auftretenden interd. Aenderung ausgezogen; hieraus wurden die in Tab. *B* des Anhangs zusammengestellten Prozentzahlen berechnet, die die Prozentwerthe der Aufeinanderfolge gleichsinniger interdiurner Temperatur-Aenderungen von jedem Beobachtungs-Termin bis zum zweitfolgenden für eine positive, wie für eine negative und im Durchschnitt für eine vom Zeichen unabhängige Aenderung als Ausgangspunkt enthalten. Die Bezeichnung ist in der Ueberschrift der Tabelle so gewählt, dass z. B. $+8^a/2^p$ die prozentuale Zeichenfolge für eine positive I. T.-Ä. als Ausgangspunkt um 8^a beim Fortschreiten nach 2^p bedeutet. Als Ausgangspunkt wurden alle interdiurnen Aenderungen unter $1^1/_2°$ nicht berücksichtigt, um die kleineren, mehr zufälligen interdiurnen Aenderungen auszumerzen, für die eine Fortdauer bis zum nächsten Termin und weiter in geringerem Grade als für die grösseren Aenderungen zu erwarten stand.

Zeichnet man nach Tab. *B* den Jahres-Verlauf dieser Prozentwerthe getrennt für die positiven und die negativen I. Ä. als Ausgangspunkt, um nach charakteristischen Unterschieden zu forschen, so gewahrt man einen fast vollständigen Parallelismus der beiden Kurvensysteme und wo ein Unterschied auf der einen Station hervortritt, verschwindet er in der Regel auf der anderen Station. Den 3 Stationen ist nur der Unterschied gemeinsam, dass für Juli bis Oktober von 8^a bis 8^p die Aufeinanderfolge gleichsinniger I. Ä. für negative I. Ä. als Ausgangspunkt grösser ist als für positive interdiurne Aenderungen; auf eine am Morgen auftretende interdiurne Erkaltung (≥ 1.6) folgt also im Juli bis Oktober am Abend häufiger wieder eine interdiurne Erkaltung, als sich eine interdiurne Erwärmung über Tag erhält. In diesem Fall, wie bei dem weiteren Verlauf dieser Untersuchung muss indessen hervorgehoben werden, dass die Ausdehnung der Untersuchung über einen längeren Zeitraum und eine grössere Reihe von Stationen wahrscheinlich noch mehr beachtenswerthe Ergebnisse im Einzelnen zu Tage fördern dürften.

Zeichnen wir den Jahresverlauf der für alle I. Ä. >1.5 als Ausgangs-Aenderung berechneten Prozentwerthe der Zeichenfolge, so ergeben sich im allgemeinen Kurven mit doppelten Schwankungen, deren Extreme ungefähr zur Zeit der Aequinoktien und Solstitien liegt. Um den Verlauf in grossen Zügen zu überblicken, vereinigen wir zunächst die Prozentzahlen für November bis Januar, Februar bis April, Mai bis Juli, August bis Oktober, welche Abschnitte wir kurz als Winter, Frühling, Sommer, Herbst bezeichnen wollen, und diese Werthe, die wir in sehr grosser Uebereinstimmung auf den Stationen finden, dann weiter für Borkum, Kiel und Neufahrwasser zu mittleren Werthen, die wir in Tab. XIII zusammenstellen.

Die grösste Uebereinstimmung in den Vorzeichen der interdiurnen Aenderungen der Temperatur für zwei benachbarte Termine besteht demnach im Jahresdurchschnitt und für alle Jahreszeiten von gleicher Grösse für die Aenderung von 2^p bis 8^p mit 83%. An Grösse steht ihr am nächsten die Zeichenfolge von 8^a bis 2^p,

Digitized by Google

die im Jahre auch fast 80% erreicht; sie zeigt aber einen ausgesprochenen jährlichen Gang, das Haupt-Minimum im Herbst und ein ausgeprägtes Haupt-Maximum im Winter, das die anderen Jahreszeiten an Grösse weit übertrifft und auf der Tabelle den grössten Betrag der Zeichenfolge darstellt. Tab. *B* des Anhangs zeigt, dass die Zeichenfolge $8^a/2^p$ im Winter für negative interdiurne Aenderungen grösser als für die positiven ist und in Borkum für November bis Januar den Mittelwerth 95%, auf den anderen Stationen noch fast 90% erreicht. Den gleichen jährlichen Verlauf wie die Zeichenfolge $8^a/2^p$ muss wegen des für $2^p/8^p$ fehlenden Ganges die Zeichenfolge $8^a/8^p$ besitzen, die im Jahre 67% beträgt. Gerade den entgegengesetzten Gang zeigt die Zeichenfolge $8^p/8^a$ in ihren Prozentwerthen, indem hier die Maxima zur Zeit der Aequinoktien und die Minima zur Zeit der Solstitien auftreten — die Extreme je an Grösse gleich, aber von einander nicht erheblich abweichend; den gleichen Gang zeigt daher auch die Zeichenfolge $2^p/8^a$ in ihren Prozentwerthen. Vergleichen wir die Prozentzahlen für $8^a/8^p$ und $8^p/8^a$ weiter, so zeigt sich, dass zur Zeit der Solstitien die Wiederkehr der gleichen Vorzeichen der interdiurnen Aenderung nach 12 Stunden am Abend und am Morgen gleich häufig zu erwarten ist, während zur Zeit der Aequinoktien das Vorzeichen weit häufiger die Nacht als den Tag überdauert. Für die Intervalle $8^p/2^p$ und $2^p/8^a$ zeigt die Tab. XIII naturgemäss kleinere Prozentzahlen der Zeichenfolge, die nach der Lage der Maxima und Minima wieder entgegengesetzt verlaufen. Im Jahresmittel finden wir beim Vergleich der je zwei in der Tabelle aufeinanderfolgenden Intervalle, dass durchweg für dasjenige Intervall, in dem die Ausstrahlung überwiegt, eine um 4% grössere Häufigkeit der Zeichenfolge auftritt.

Tab. XIII (cf. § 11). **Prozentzahlen der Zeichenfolgen bei den interdiurnen Aenderungen der Temperatur im Mittel für Borkum, Kiel und Neufahrwasser**

und $\Delta > \begin{cases} 1.5 \\ -1.6 \end{cases}$ als Ausgangspunkte.

	Winter	Frühling	Sommer	Herbst	Jahr
$8^a/2^p$	**88**	77	79	70*	79
$2^p/8^p$	83	82	83	82	83
$8^a/8^p$	**71**	64	69	61*	67
$8^p/8^a$	69*	74	69*	**74**	71
$8^p/2^p$	58	59	53	49*	54
$2^p/8^a$	51*	61	57	**63**	58

Die Rechnung ergiebt für diese Prozentzahlen die Beziehung, dass das Zeichenfolge-Prozent für ein Intervall $a+b$ gleich ist dem Produkt der Zeichenfolge-Prozente für die beiden aufeinander folgenden Intervalle a und b, also $p_{a+b} = p_a \cdot p_b$ ist innerhalb der irgend zu erwartenden Genauigkeit.

So haben wir	Winter	Frühling	Sommer	Herbst	Jahr
$8^a/8^p = 8^a/2^p \times 2^p/8^p$ . .	73	63	66	57	66
beobachtet . .	71	64	69	61	67
$8^p/2^p = 8^p/8^a \times 8^a/2^p$ . .	61	57	55	52	56
beobachtet . .	58	59	53	49	54
$2^p/8^a = 2^p/8^p \times 8^p/8^a$ . .	57	61	57	61	59
beobachtet . .	57	61	57	63	58

Diese Uebereinstimmung konnte von vornherein wohl vermuthet, aber nicht als sicher angenommen werden. Neben einer gewissen, den Prozentwerthen der Tab. XIII zukommenden Zuverlässigkeit lehrt sie, dass für die Forterhaltung des Vorzeichens der I. T.-Ä. auf längere Zeit über 6 und 12 Stunden hinaus im wesentlichen die gleichen Ursachen wirken müssen wie für kürzere Zeit, die die Erhaltung von Termin zu Termin herbeiführen. Wenn wir im Vergleich mit der Einwirkung der interdiurnen Aenderungen der Bewölkung den stärkeren Wetterumschlägen eine im allgemeinen längere, häufig bis zu 24 Stunden währende Erhaltung des Vorzeichens der I. T.-Ä. zuschreiben, so liefert uns das Bestehen obiger Beziehung zugleich den Beweis, dass solche Wetterumschläge zu selten in Erscheinung treten, um einen bemerkbaren Einfluss auf die durchschnittliche Erhaltung des Vorzeichens der I. T.-Ä. zu gewinnen.

Digitized by Google

Für die Zeichenfolge der interdiurnen Aenderungen nach 24 Stunden berechnen wir im Mittel aus $8^a/8^a$, $2^p/2^p$ und $8^p/8^p$ für die 4 Jahreszeiten der Tab. XIII 47%, 47%, 46%, 43% und im Jahre 46%, während die Beobachtung die entsprechenden Werthe 44, 43, 43, 41 und im Jahre 43% liefert, wobei jedoch alle von 0 verschiedenen interdiurnen Aenderungen als Ausgangspunkt genommen sind; diese letzteren Werthe sind naturgemäss etwas kleiner als die ersteren, zeigen jedoch, dass auch für die kleineren interdiurnen Aenderungen der Temperatur $< \begin{matrix} 1.5 \\ -1.6 \end{matrix}$ als Ausgangspunkt obige Gesetze für die Zeichenfolge ziemlich angenähert bestehen bleiben.

Im Mittel der drei Stationen würden nach Tab. XIII auf 100 um 8^a beobachtete interdiurne Aenderungen der Temperatur im

	Winter	Frühling	Sommer	Herbst	Jahr
um 2^p nur	88	77	79	70	79
und um 8^p nur	71	64	69	61	67

interdiurne Aenderungen mit dem gleichen Vorzeichen folgen. Es ergiebt sich hieraus, wie wesentlich die I. V. der Tagesmittel von der M. I. T.-V. abweichen muss, wie in den verschiedenen Jahren verschieden grosse Abweichungen zu erwarten sind und insbesondere auch, wie wenig die I. V. der Tages-Mitteltemperatur einen Maassstab zum Vergleich der wirklichen Veränderlichkeit der Temperatur von Tag zu Tag abzugeben vermag.

§ 13. Vorzeichen und Grösse der interdiurnen Temperatur-Aenderungen.

Die Erwägungen der mehr aktuellen Bedeutung der mittleren interdiurnen Aenderung der Temperatur zu bestimmten Tagesstunden gegenüber der Veränderlichkeit der Tages-Mitteltemperatur müssen in gleicher Weise für diese Betrachtung der einzelnen interdiurnen Aenderungen zur Zeit der Beobachtungs-Termine gegenüber denen der Tagesmittel bestehen bleiben. Für die Stationen Borkum, Kiel und Neufahrwasser wurden daher die interdiurnen Aenderungen für jeden Termin nach Graden und dem Vorzeichen gesondert ausgezählt in der Weise, dass

. . . . . .
-1.5 bis -0.6 = $-1°$
-0.5 » $+0.4$ = 0
$+0.5$ » $+1.4$ = $+1°$
. . . . . .

gerechnet wurden. In solcher Weise finden sich die interdiurnen Aenderungen der 10 Jahre für die drei Stationen und Beobachtungs-Termine in den Tabellen C_1 C_2 C_3 des Anhangs zusammengestellt.

Um zunächst das relative Vorkommen der positiven und der negativen Aenderungen zu übersehen, gruppiren wir in Tab. XIV den Ueberschuss der positiven über die negativen Aenderungen. Diese lehrt, dass von März bis Juni die Erwärmungen und vom Oktober bis Januar die Erkaltungen, also beide während je 4 Monaten, für alle Termine durchweg an Zahl etwas überwiegen, während Februar und die auf den höchsten Sonnenstand folgenden Monate Juli bis September sich verschieden verhalten. Im Juli überwiegen aber um 2^p noch durchweg die Erwärmungen wie im Februar um 8^a die Erkaltungen. Die Unterschiede sind im Ganzen klein, sodass offenbar der Zeitraum von 10 Jahren noch nicht genügt, um diese Untersuchung im Einzelnen weiter zu führen. Fassen wir je 3 Monate zusammen, wie in Tab. XIII, so finden wir für die Quartale von Februar bis Juli durchweg ein Ueberwiegen der Erwärmungen, in den Quartalen von August bis Januar ein Ueberwiegen der Erkaltungen, und im Ganzen um 2^p, wie auch am Morgen und Abend für Kiel und Neufahrwasser mehr Erwärmungen, während Borkum im Jahre am Morgen und Abend ein Ueberwiegen der Erkaltungen zeigt. Wenn sich die Sonne im Frühjahr dem Aequator nähert, tritt der Ueberschuss der positiven interdiurnen Aenderungen ein und bleibt bis zum höchsten Sonnenstand bestehen; mit dem Sinken der Sonne stellen sich zunächst mehr unbestimmte Verhältnisse ein, bis die Sonne wieder den Aequator erreicht und nachdem sie unter diesen gesunken ist, überwiegen wieder die negativen Abweichungen bis zum Januar, worauf für wesentlich kürzere Zeit als im Herbst Uebergangs-Verhältnisse eintreten. Es handelt sich bei diesem Ueberwiegen des einen oder anderen Vorzeichens der I. T.-Ä. also um eine wesentlich vom Gange des Sonnenstandes beherrschte Erscheinung, die von Beobachtungs-Termin zu Beobachtungs-Termin kleine bestimmte Modifikationen erfahren muss. Diese durch das Ueberwiegen der positiven oder

Digitized by Google

negativen interdiurnen Aenderungen der Temperatur charakterisirten Monate fallen wesentlich zusammen mit der Zeit der stärksten Aenderungen der Kraft der täglichen Sonnenbestrahlung (vergl. § 11) und somit auch mit der Zeit des stärksten Steigens und Sinkens der Temperatur im jährlichen Gange, wie Tab. XV erkennen lässt, die die Aenderung der für den gleichen Zeitraum berechneten Monats-Temperaturen für Borkum, Kiel, Rügenwaldermünde und Neufahrwasser enthält. Diese zeigt auch, dass die mittleren jährlichen Beträge dieser Aenderungen für alle 3 Termine nach Osten hin zunehmen, um 8^a grösser als um 8^l und um 2^p am grössten sind.

Tab. XIV (cf. § 13). **Ueberschuss der positiven interdiurnen Aenderungen der Temperatur über die negativen 1890/99.**

	8^a			2^p			8^p		
	Borkum	Kiel	Neufahrw.	Borkum	Kiel	Neufahrw.	Borkum	Kiel	Neufahrw.
Januar	−14	− 2	−27	−22	−14	+ 5	− 6	−10	+ 3
Februar	−14	−13	−12	+13	+10	− 2	+ 6	+13	− 8
März	+10	+17	+22	+35	+28	+19	+20	+25	+11
April	+14	+22	+37	+17	+47	+ 6	0	+40	+19
Mai	+23	+21	+26	+ 7	+21	+14	+31	+40	+12
Juni	+25	+26	+17	+10	+35	+34	+ 9	+27	+26
Juli	− 7	+ 5	+11	+11	+42	+20	− 6	+12	0
August	−13	+16	−16	− 2	+ 8	+ 3	+ 2	+ 7	+ 8
September	−15	−17	+ 2	+28	− 6	+14	− 8	+ 3	+14
Oktober	−46	−28	−16	−29	−26	−17	−42	−35	−34
November	−27	−19	−32	−17	−48	−17	−31	−30	−19
Dezember	−15	0	−11	−20	−17	−17	−17	−23	− 7
Novbr.-Dezbr.-Jan.	−56	−21	−70	−59	−79	−29	−54	−63	−23
Febr.-März-April	+10	+26	+47	+65	+85	+23	+26	+78	+22
Mai-Juni-Juli	+41	+52	+54	+28	+98	+68	+34	+79	+38
August-Septbr.-Okt.	−74	−29	−30	− 3	−24	0	−48	−25	−12
Jahr	−79	+28	+ 1	+31	+80	+62	−42	+69	+25

Tab. XV (cf. § 13). **Aenderungen der Mittel-Temperatur von Monat zu Monat 1890/99.**

	8^a				2^p				8^p			
	Borkum	Kiel	Rügenwald.	Neufahrw.	Borkum	Kiel	Rügenwald.	Neufahrw.	Borkum	Kiel	Rügenwald.	Neufahrw.
Januar bis Februar	0.48	0.55	1.08	1.41	1.23	1.37	1.44	1.89	0.74	0.89	1.25	1.44
Februar » März	2.34	2.40	2.36	2.93	2.99	3.21	3.20	3.90	2.27	2.30	2.58	3.01
März » April	3.28	3.88	3.96	4.57	3.41	4.18	3.80	3.97	2.95	3.54	3.28	3.63
April » Mai	**4.29**	**5.03**	**5.28**	**5.47**	**4.04**	**4.46**	**4.62**	**4.68**	**3.97**	**4.42**	**4.68**	**4.79**
Mai » Juni	3.51	3.78	3.61	4.04	3.46	3.97	3.73	3.64	3.71	4.01	4.07	4.03
Juni » Juli	1.72	1.54	2.90	2.59	1.41	1.34	3.03	3.39	1.62	1.32	2.74	2.86
Juli » August	0.21	−0.58	−0.49	−0.82	0.59	−0.33	0.20	−0.01	0.48	−0.51	−0.38	−0.77
August » Septbr.	−2.18	−3.35	−3.78	−4.42	−2.01	−3.10	−3.30	−3.82	−2.15	−2.94	−3.27	−3.82
Septbr. » Oktober	**−4.82**	**−4.46**	**−4.66**	**−5.25**	**−5.03**	**−5.13**	−5.10	−5.37	**−4.58**	**−4.18**	−4.49	−4.64
Oktober » Novbr.	−4.20	−4.05	−4.63	−4.75	−4.88	−4.82	**−5.48**	**−6.18**	−4.27	−4.04	**−4.76**	**−4.86**
Novbr. » Dezember	−3.01	−3.07	−3.46	−3.70	−3.64	−3.89	−4.35	−4.62	−3.36	−3.28	−3.77	−4.13
Dezbr. » Januar	−1.62	−1.67	−2.17	−2.07	−1.57	−1.26	−1.79	−1.47	−1.38	−1.53	−1.93	−1.54
Mittlere Aenderung	2.64	2.86	3.20	3.50	2.85	3.09	3.34	3.58	2.62	2.75	3.10	3.29

Wir sehen hier deutlich eine wenn auch kleine Einwirkung des jährlichen Ganges der Temperatur auf die Grösse der interdiurnen Aenderungen. Es ist der Vorschlag und der Versuch gemacht worden, die Mittelwerthe der interdiurnen Aenderungen durch Anbringung von Korrektionen von diesem Einflusse zu

Digitized by Google

befreien, um die reine interdiurne mittlere Veränderlichkeit zu erhalten. Dem Verfasser scheint jedoch diese Elimination des jährlichen Temperaturganges geradezu unerwünscht und unstatthaft, da wir durch die M. I. T.-V. die volle Veränderlichkeit der Temperatur von Tag zu Tag zum Ausdruck bringen wollen; für diese sind auch die von dem jährlichen Temperaturgang herrührenden kleinen Beiträge charakteristisch, indem sie sich ihrer Grösse nach von Ort zu Ort ändern.

Tab. XVI (cf. § 13).

Ueberschuss der positiven interd. Temperatur-Aenderungen über die negativen 1890/99 in % der Gesamtzahl der Aenderungen im Monat.

	8^a			2^p			8^p		
	Borkum	Kiel	Neufahrw.	Borkum	Kiel	Neufahrw.	Borkum	Kiel	Neufahrw.
				a) 1—2°					
Januar	−3	3	−8	−13	− 2	0	−4	− 1	−4
Februar	−7	2	−1	4	0	0	6	2	−1
März	4	5	4	8	5	2	6	3	−4
April	6	5	5	3	11	1	3	12	−1
Mai	2	5	6	1	5	3	7	14	−1
Juni	6	9	5	−2	7	6	5	8	8
Juli	7	1	4	3	11	4	3	6	4
August	−4	9	5	2	8	3	0	8	7
September	−4	−1	1	8	8	2	4	5	3
Oktober	−5	−2	−1	−4	− 5	−5	−7	− 7	−5
November	−7	−5	−8	−3	−12	−6	−9	0	−2
Dezember	−2	1	−2	−4	− 6	−2	3	− 8	−1
Jahr	0	3	1	0	3	1	2	4	0
				b) 3—6°					
Januar	2	−2	−4	5	−1	0	2	−2	1
Februar	3	−3	−5	1	2	−3	−1	2	−6
März	2	2	2	3	6	5	0	3	7
April	2	5	4	2	4	5	1	2	3
Mai	4	3	2	4	5	3	2	3	2
Juni	4	1	5	5	5	6	1	6	3
Juli	−1	2	−1	0	0	0	2	2	−1
August	1	−1	−3	2	−2	1	2	−2	−2
September	1	−1	−3	0	−2	4	−2	−2	−3
Oktober	−2	−7	−5	−2	−3	2	−4	−3	−3
November	−2	0	−2	0	−1	−1	0	−6	0
Dezember	−1	−2	−5	−2	3	−2	−3	2	0
Jahr	1	−1	−1	2	+1	2	0	0	0
				c) ≧7°					
Januar	0.3	0.7	2.9	0.7	0.7	1.7	−0.3	1.9	2.3
Februar	0.4	1.4	1.8	—	−0.4	1.8	0.4	0	2.5
März	0.3	−0.3	−0.9	−1.0	−0.7	−0.4	—	0	−0.3
April	−0.3	—	−0.7	−0.4	−1.1	0.4	0.3	—	0
Mai	0.3	—	−0.3	0.9	−0.6	0.4	1.0	0	1.3
Juni	−1.0	0	0	−0.7	−1.4	−0.3	−1.0	−1.0	−0.3
Juli	—	−0.3	−0.6	−1.3	−1.3	−0.9	−0.3	−0.3	0.6
August	—	−0.6	—	−0.6	−0.3	0	−0.6	0.3	−0.7
September	—	—	0	−1.4	−0.3	−3.0	−0.3	−0.3	0
Oktober	0.0	1.6	0.4	−0.6	0	−0.9	0.3	0.3	0
November	+1.0	0	0.4	−0.4	1.0	−0.6	0	1.7	−1.3
Dezember	0.3	−0.3	0.3	0	0	−0.3	0.3	0.7	−0.7
Jahr	0.1	0.1	0.2	−0.4	−0.3	−0.2	0	0.3	0.3

Digitized by Google

Zu einem interessanten Resultat führt die Untersuchung, wie weit die Vertheilung der positiven und negativen interdiurnen Temperatur-Aenderungen diesen Aenderungen verschiedener Grösse zukommt. Zu diesem Zwecke fassen wir die I. T.-Ä. im Betrage von 1—2°, 3—6° und >7° zusammen und berechnen für jede dieser 3 Gruppen getrennt den Ueberschuss der positiven über die negativen Aenderungen als Prozentzahlen der Gesamtzahl der beobachteten Aenderungen. Diese in Tab. XVI zusammengestellten Unterschiede lehren, dass für die kleinen und die mittleren Aenderungen jene für die Gesamtzahl der Aenderungen ermittelten Gesetze bestehen; die interdiurnen Aenderungen im Betrage von 1—2° wie von 3—6° zeigen von März bis Juni durchweg Ueberschüsse der positiven und von Oktober bis Dezember, sowie meist im Januar Ueberschüsse der negativen Aenderungen; in den übrigen Monaten bestehen auch hier verschiedenartige Verhältnisse; doch überwiegen bei den kleinsten I. Ä. um 2^p und 8^p im Juli bis September entschieden die positiven Aenderungen. Die grössten Aenderungen >7° zeigen jedoch fast das entgegengesetzte Verhalten in Bezug auf das Vorzeichen der überwiegenden Aenderungen. Von März bis Juni finden wir meist die negativen und von Oktober bis Januar meist die positiven I. T.-Ä. überschiessend, mit mehrfachen Ausnahmen für Neufahrwasser — dadurch bedingt, dass wegen der hier ungleich grösseren I. T.-Ä. die Grenze von 7° noch nicht die gleiche Bedeutung wie in Borkum und Kiel besitzt. Wir gelangen also hier zu dem Nachweis, dass die grössten I. T.-Ä. wesentlich anderen Ursprungs als die kleineren sein müssen und erst in zweiter Linie von der Ausstrahlung und Einstrahlung herrühren können. Dies Ergebniss stimmt völlig mit der theoretischen Erwägung, dass die grössten Schwankungen wesentlich die Temperatur-Aenderungen darstellen müssen, die im Gefolge von Wetterumschlägen durch mehr gewaltsamen Lufttransport herbeigeführt werden. Hierbei handelt es sich für unsere Küste wesentlich im Sommer um kalte und im Winter um warme Luftströmungen und es werden die grössten I. T.-Ä. besonders zu der Tageszeit auftreten müssen, wo die Erwärmung in die Zeit der grössten Wirkung der Ausstrahlung und die Erkaltung in die Zeit der grössten Wirkung der Einstrahlung fällt. Daher erscheinen, wie Tab. *C* zeigt, die Morgen des Winters besonders stark durch grosse Erwärmungen und die Nachmittage des Sommers besonders durch Erkaltungen begünstigt.

Das Wesen der grössten interd. Temperatur-Aenderungen tritt in noch mehr bestimmter Form hervor, wenn wir die I. Ä. >10° aufsuchen; diese finden wir am Morgen und Abend in Borkum und Kiel nur in den Monaten Oktober bis Januar (als Erwärmungen), am Nachmittag (fast durchweg als Erkaltungen) hier nur in den Monaten April bis August, abgesehen von einem Fall im April in Kiel. In Neufahrwasser, wo die grösseren Werthe der I. Ä. weit häufiger sind, treten am Morgen und Abend die grossen Erwärmungen wesentlich im Oktober bis März, in den übrigen Monaten garnicht oder vereinzelt auf, doch es zeigen die angeführten kalten Monate daneben auch vielfach starke Erkaltungen >10°. Da Kälte herbeiführende Wetterumschläge jedoch besonders am Nachmittag starke I. T.-Ä. herbeiführen müssen, diese starken Erkaltungen in den Wintermonaten in Neufahrwasser aber am Nachmittag nach Tab. *C* entschieden seltener als am Morgen und Abend beobachtet wurden, so ist die Annahme kaum gerechtfertigt, diese starken Erkaltungen im Winter auf Lufttransport in Verbindung mit Wetterumschlägen zurückzuführen, sie müssen vielmehr der Mehrzahl nach durch die Wirkung der nächtlichen Ausstrahlung wesentlich hervorgerufen erscheinen. Am Nachmittag zeigt Neufahrwasser die grössten I. Ä. als Erkaltungen, besonders im März bis September, in den übrigen Monaten vereinzelt, doch daneben auch im Mai bis Juli mehrfach starke Erwärmungen, die aber wiederum wesentlich der Insolation und nicht dem Lufttransport zuzuschreiben sein werden, da der Morgen und Abend diese Fälle nicht entsprechend aufweisen.

Die Verhältnisse der grössten I. Ä. bringt Tab. XVII zur klaren Darstellung, die die Anzahl und mittlere Grösse der beobachteten interdiurnen Erwärmungen und Erkaltungen im Betrage von mehr als 10° nebst den grössten beobachteten Werthen enthält. Diese zeigt das bedeutende Ueberwiegen der grössten Erwärmungen am Morgen und Abend und das der Erkaltungen am Nachmittag, wie die weit grössere Häufigkeit so grosser I. Ä. in Neufahrwasser. Als grösste I. Ä. wurden in Borkum und Kiel ungefähr 13° gegen 17°6 in Neufahrwasser beobachtet.

Als das häufigste Grad-Intervall für das Vorkommen der interdiurnen Temperatur-Aenderungen zeigt Tab. *C* für alle Beobachtungs-Termine und die 3 Stationen im Jahres-Ergebniss die zwischen —0°5 und +0°4 liegende I. Ä., und dies Verhältniss scheint allgemein für alle Monate zu bestehen, da die hervortretenden Abweichungen eine Gesetzmässigkeit nicht zu erkennen geben. Um über die Vertheilung der Grössen der

Digitized by Google

interdiurnen Aenderungen eine Uebersicht zu gewinnen, fassen wir die Aenderungen zu weiteren Gruppen: 0°, 1—2°, 3—6° und ≥7°, die positiven und negativen vereinigend, zusammen, und berechnen die Prozentwerthe des Vorkommens dieser Gruppen in den Monaten wie im Jahre.

Tab. XVII (cf. § 13). **Interdiurne Temperatur-Aenderungen 1890/99.**

>10°.

	8^a		2^p		8^p	
	+	−	+	−	+	−
a) Zahl der Fälle:						
Borkum	2	1	2	5	1	0
Kiel	2	0	0	0	2	0
Neufahrwasser	19	9	8	19	10	7
b) Mittlere Grösse:						
Borkum	11.2	12.4	11.4	11.4	10.8	—
Kiel	12.4	—	—	—	11.5	—
Neufahrwasser	13.2	12.6	11.6	12.6	11.9	12.5
c) Grösste beobachtete Werthe:						
Borkum	11.4	12.4	12.3	13.1	10.8	(<10)
Kiel	13.2	(<10)	(<10)	(<10)	12.4	(<10)
Neufahrwasser	17.6	14.4	13.2	15.2	14.0	15.2

Diese lehren in Tab. XVIII, dass im Jahres-Resultat das Vorkommen der einzelnen Gruppen um 8^a und 8^p übereinstimmt, während um 2^p die beiden Gruppen mit den kleineren Aenderungen etwas weniger und die beiden anderen mit den grösseren Aenderungen etwas häufiger als am Morgen und Abend auftreten; im Jahres-Durchschnitt begünstigen also die grösseren I. T.-Ä. die wärmere, die kleineren die kältere Zeit des Tages. Näher betrachtet, ergiebt sich, dass um 2^p von März bis September die beiden Gruppen mit den kleinsten I. Ä. seltener, die mit den grösseren I. Ä. häufiger als um 8^a und 8^p auftreten, während für die Monate Oktober bis Februar eine allgemeinsame Beziehung solcher Art nicht besteht. Wir begegnen hier einem Gegensatze zwischen dem Verhalten dieser je zwei Gruppen im täglichen Gang und ein charakteristischer Gegensatz tritt ebenfalls, mehr oder minder bestimmt ausgesprochen, im Jahresgang hervor, wenn man diesen für die 4 Gruppen graphisch darstellt. Abgesehen von den durch die Kürze des Zeitraumes hervorgerufenen Unregelmässigkeiten zeigen diese 4 Gruppen von I. Ä. den doppelwelligen Jahresverlauf und die 4 Extreme mehr oder weniger wieder durch die Solstitien und Aequinoktien zeitlich fixirt; diese Zeitbestimmung gilt am ausgesprochensten für Borkum, das für die beiden Gruppen mit kleinerer I. Ä. die Maxima zur Zeit der Aequinoktien, die Minima in der Nähe der Solstitien aufweist, während die Extreme für die beiden Gruppen der grösseren Aenderungen ihren Charakter vertauschen, sodass der Verlauf der je zwei Kurven bei gleicher Lage der Wendepunkte im allgemeinen ein entgegengesetzter ist.

Stellen wir in Tab. XIX das prozentische Vorkommen der 4 Gruppen von I. T.-Ä. für März bis September, wie Oktober bis Februar zusammen, so entnehmen wir, dass, abgesehen von wenigen Abweichungen, die beiden Gruppen mit den kleinen interdiurnen Aenderungen im März bis September, ebenso wie die beiden Gruppen mit den grösseren Aenderungen im Oktober bis Februar für die Beobachtungs-Termine in der Reihenfolge 2^p, 8^p, 8^a eine Zunahme zeigen, und dass für die Gruppen mit kleinen Aenderungen vom Oktober bis Februar wie für die mit grossen Aenderungen im März bis September die Reihenfolge 8^a, 8^p, 2^p im Sinne wachsender Prozentzahlen besteht. Hiernach nimmt bei der relativen Häufigkeit der 4 Gruppen der Termin 8^p durchweg die mittlere Stellung ein, und es wird der Termin 2^p vom März bis September von den grösseren, vom Oktober bis Februar von den kleineren, der Termin 8^a vom März bis September von den kleineren und Oktober bis Februar von den grösseren Werthen begünstigt.

Die Häufigkeit der interdiurnen Aenderungen 0° und 1—2° zeigt von März/September bis Oktober/Februar für 8^a und 8^p eine Abnahme, für 2^p eine Zunahme, während die Häufigkeit der interdiurnen Aenderungen von 3—6° und >7° von März/September bis Oktober/Februar gerade entgegengesetzt für 8^a und 8^p eine Zunahme und für 2^p eine Abnahme zeigt.

Digitized by Google

Tab. XVIII cf. § 13).

Prozentwerthe des Vorkommens der interd. Aenderungen der Temperatur von der angegebenen Grösse 1890/99.

		0°			1—2°			3—6°			≥7°		
		Borkum	Kiel	Neufahrw.	Borkum	Kiel	Neufahrw.	Borkum	Kiel	Neufahrw.	Borkum	Kiel	Neufahrw.
8^a	Januar ..	19	15	13	50	45	38	30	36	36	1.0	4.5	13.2
	Februar .	16	18	16	61	46	47	22	33	29	0.4	2.8	8.2
	März	25	18	19	63	58	47	12	24	28	0.3	0.3	5.5
	April	25	25	21	62	57	55	12	18	24	0.3	—	0.7
	Mai	26	25	16	56	55	52	17	19	29	1.0	—	3.5
	Juni	18	16	20	56	61	51	24	23	27	1.0	0.7	1.3
	Juli	24	23	18	61	59	62	15	18	19	—	0.3	0.6
	August ..	27	28	22	61	58	61	11	14	17	—	0.6	—
	September	29	22	17	63	55	62	7	23	21	—	—	0.7
	Oktober .	25	18	14	53	52	49	22	29	36	0.6	1.6	1.6
	November	14	21	13	55	43	48	28	33	32	2.3	3.3	7.0
	Dezember	17	17	16	51	47	48	30	32	28	2.3	3.5	8.1
	Jahr	22	21	17	58	53	51	19	25	27	0.8	1.5	4.2
2^p	Januar ..	18	20	16	55	52	43	25	27	32	1.3	1.3	8.7
	Februar .	20	20	18	60	52	52	21	26	27	—	1.8	3.2
	März	22	16	14	54	57	46	23	26	33	1.6	0.7	7.4
	April ...	23	15	14	51	47	43	24	36	36	3.0	2.3	7.0
	Mai	19	14	10	49	47	39	26	37	38	6.1	2.6	12.6
	Juni	16	14	17	46	46	46	31	36	32	6.7	4.0	5.7
	Juli	15	16	15	54	57	50	28	25	30	3.2	1.3	6.1
	August ..	20	19	16	52	53	45	25	26	33	3.2	2.3	6.5
	September	22	24	16	58	54	46	18	22	32	2.0	0.3	6.3
	Oktober .	25	22	16	55	55	49	20	23	32	0.6	0.6	2.9
	November	23	20	16	54	58	55	21	19	27	1.0	2.3	2.0
	Dezember	18	18	19	56	56	48	24	25	28	1.9	1.3	4.8
	Jahr	20	18	15	54	53	47	24	27	32	2.6	1.7	6.1
8^p	Januar ..	20	17	12	56	53	44	24	26	33	0.3	3.9	10.6
	Februar .	17	17	20	61	54	49	21	28	28	0.4	0.7	4.6
	März	23	21	18	63	56	52	14	22	25	—	0.6	4.8
	April ...	27	20	19	55	58	49	18	22	31	0.3	—	1.3
	Mai	21	24	16	53	52	51	25	23	28	1.6	1.3	4.5
	Juni	20	23	21	54	47	52	26	28	25	1.0	1.0	1.7
	Juli	22	22	22	61	58	55	16	20	23	0.3	0.3	0.6
	August ..	27	20	16	58	60	60	15	20	22	0.6	0.3	1.9
	September	31	22	20	57	54	47	12	23	31	0.3	0.3	2.0
	Oktober .	23	20	17	61	55	47	16	25	33	0.3	0.3	3.2
	November	18	15	14	57	54	52	24	28	31	1.3	2.3	3.2
	Dezember	17	20	17	59	48	43	23	30	33	1.0	1.9	7.1
	Jahr	22	20	18	58	54	50	19	24	29	0.6	1.1	3.8

Ausserdem lehrt Tab. XIX für beide Zeiträume des Jahres beim Fortschreiten von Westen nach Osten für die beiden ersten Gruppen eine Abnahme und für die Gruppen mit den grösseren interd. Aenderungen eine Zunahme.

Fassen wir in Tab. XIX am Schluss die je 2 Gruppen mit den kleineren und den grösseren Gruppen zusammen, so treten die verschiedenen besprochenen Beziehungen hier noch schärfer hervor. — Die mittlere Häufigkeit der interdiurnen Aenderungen im Betrage bis zu 2°4 liegt für März bis September zu Zeiten der drei Beobachtungs-Termine zwischen dem niedrigsten Betrag 60% (2^p in Neufahrwasser) und 85% (8^a in

Digitized by Google

Borkum), für den kälteren Theil des Jahres zwischen 60% (Neufahrwasser 8^a) und 78% (Borkum 8^p), und sinkt in Borkum und Kiel für keinen dieser Zeiträume unter 65%.

Tab. XIX (cf. § 13).

Prozentische Häufigkeit von Gruppen interd. Aenderungen der Temperatur 1890/99.

	0°			1—2°			3—6°			>7°		
	8^a	2^p	8^p	8^a	2^p	8^p	8^a	2^p	8^p	8^a	2^p	8^p
α) März bis September:												
Borkum	25	20	24	60	52	57	14	25	18	0.4	3.7	0.6
Kiel	22	17	22	58	52	55	20	30	23	0.3	1.9	0.5
Neufahrwasser	19	15	19	56	45	52	24	33	26	1.8	7.4	2.4
β) Oktober bis Februar:												
Borkum	18	21	19	54	56	59	26	22	22	1.3	1.0	0.7
Kiel	18	20	18	47	55	53	33	24	27	3.1	1.5	1.8
Neufahrwasser	14	17	16	46	49	47	32	29	32	7.6	4.3	5.7

	0—2°			≥3°		
	8^a	2^p	8^p	8^a	2^p	8^p
α) März bis September:						
Borkum	85	72	81	15	28	19
Kiel	80	69	77	20	31	23
Neufahrwasser	75	60	71	25	40	29
β) Oktober bis Februar:						
Borkum	72	77	78	28	23	22
Kiel	65	75	71	35	25	29
Neufahrwasser	60	66	63	40	34	37

Eine auf „wenig Aenderung" gestellte Temperatur-Prognose hat hiernach eine sehr grosse Aussicht auf Erfolg, die ihr zufallenden Treffer können aber entsprechend nicht den gleichen Werth beanspruchen wie erfolgreiche Prognosen auf wärmeres oder kälteres Wetter, die eine Temperatur-Aenderung von mehr als $2^1/_2°$ verlangen.

§ 14. Beobachtete Länge und Häufigkeit der Perioden mit anhaltendem interdiurnen Sinken der Temperatur um 8^a, 2^p, 8^p.

Bei dem Ausziehen der Perioden andauernden Steigens oder Fallens von Tag zu Tag zur Zeit der drei Beobachtungs-Termine wurde so verfahren, dass eine 0.0 als I. T.-Ä. stets als Unterbrechung des Steigens oder Fallens angesehen wurde und dass bei der Dauer einer Periode gleicher interdiurner Aenderungen über das Ende eines Monats hinaus die volle Periode dem folgenden Monat zugezählt wurde. Die im Zeitraum 1890/99 beobachteten Perioden anhaltenden interdiurnen Steigens oder Fallens der Temperatur in Borkum, Kiel und Neufahrwasser zu Zeiten der Beobachtungs-Termine sind in Tab. *D* des Anhangs für die Monate und Jahre nach dem Vorzeichen der Aenderung getrennt zusammengestellt.

Es steht zu erwarten, dass diesen Häufigkeitszahlen der Perioden in Folge der zu geringen Länge des Untersuchungs-Zeitraumes in besonderem Grade Zufälligkeiten anhaften möchten, doch lassen sie immerhin gewisse Beziehungen genügend scharf hervortreten.

Auf jeder Station finden wir für jeden Beobachtungs-Termin die Periode von sechstägiger Dauer meist einige Male vertreten; in Borkum und Neufahrwasser treffen wir noch ganz vereinzelt eine Periode von 8 Tagen und in Kiel an deren Stelle eine Periode von zehntägiger Dauer, sodass hiernach Perioden von mehr als 8 Tage anhaltendem Steigen oder Sinken der Temperatur um 8^a, 2^p und 8^p als äusserst selten auf diesen Stationen und wohl an unserer Küste überhaupt zu betrachten sind. Tab. *D* lehrt aber, während für die Perioden bis zu 5 Tage Dauer gemeinsame charakteristische Unterschiede nicht hervortreten, für die

Digitized by Google

längeren Perioden, dass die Perioden anhaltenden Steigens von mehr als 5 Tage Dauer besonders im März bis Juni, und jene entsprechenden Sinkens besonders im Oktober bis Januar auftreten, wie wir dies auf Tab. XX schärfer hervortreten sehen.

Tab. XX (cf. § 14).

Perioden anhaltender Erwärmung oder Erkaltung von mehr als 5 Tage Dauer 1890/99.

	Borkum						Kiel						Neufahrwasser					
	Erwärmung			Erkaltung			Erwärmung			Erkaltung			Erwärmung			Erkaltung		
	8^a	2^p	8^p	8^a	2^p	8^p	8^a	2^p	8^p	8^a	2^p	8^p	8^a	2^p	8^p	8^a	2^p	8^p
Februar	1	3	1	0	0	0	1	2	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0
März bis Juni	**7**	**7**	**1**	3	0	0	**4**	**8**	**6**	0	0	1	**9**	**4**	**5**	1	1	2
Juli bis Sept.	0	3	1	2	1	0	3	2	2	1	0	2	1	2	2	1	1	1
Okt. bis Jan.	0	1	0	**4**	**4**	**9**	1	0	0	**3**	**7**	**4**	1	0	3	**3**	**6**	**2**

Wir sehen hier scharf unterschieden, zur Zeit der drei Beobachtungs-Termine durchschnittlich etwa in gleichem Grade hervortretend, die Häufigkeit der langen Perioden der Erwärmung im März bis Juni und der Erkaltung im Oktober bis Januar gegenüber dem selteneren Vorkommen der lange anhaltenden Erkaltungen im März bis Juni und der Erwärmungen im Oktober bis Januar.

Die langen Perioden gleichartiger interdiurner Temperatur-Aenderung von mehr als 5 Tagen verdanken ihr Vorkommen zwei Ursachen, einer unperiodischen und einer periodischen. Starke Temperatur-Aenderungen als Folge von Wetterumschlägen bieten gute Gelegenheit zur Entstehung nachfolgender längerer Perioden gleichartiger Temperatur-Aenderungen, und nach unseren obigen Ausführungen muss diese unperiodisch wirkende Ursache lange Perioden der Erkaltung in der kalten, und der Erwärmung in der warmen Jahreszeit begünstigen. Weiter muss aber das Steigen und Sinken der Temperatur in ihrem jährlichen Gange in den Monaten dieser stärksten periodischen Aenderungen auch einen Einfluss auf die Länge der Perioden gleichartiger interdiurner Aenderungen zu gewinnen vermögen. Erinnern wir uns der obigen Darlegung, dass der Einfluss dieses jährlichen Temperatur-Ganges durch den Ueberschuss der positiven interdiurnen Aenderungen im März bis Juni und der negativen im Oktober bis Januar hervortritt, so wird der Umstand, dass diese Zeiträume mit den für die Tab. XX in der angegebenen Weise als charakteristisch gekennzeichneten zusammenfallen, uns zu der Schlussfolgerung führen, dass die längeren Perioden gleichartiger interdiurner Temperatur-Aenderungen zum Theil als eine Folgeerscheinung der stärkeren Wetterumschläge anzusehen sind, ihr Vorkommen aber in vielleicht noch höherem Grade den Temperatur-Aenderungen im periodischen jährlichen Gang der Temperatur zu danken haben.

§ 15. Die vom Zufall geforderte Länge und Häufigkeit der Perioden anhaltenden Steigens oder Sinkens der Temperatur von Tag zu Tag.

Da auf den Stationen hinsichtlich der Länge und Häufigkeit der Perioden gleichartiger interdiurner Temperatur-Aenderungen grosse Uebereinstimmung herrscht und die längeren Perioden der Erwärmung wie der Erkaltung zu der Zeit auftreten, wo die positiven bezw. die negativen interdiurnen Aenderungen in der Mehrzahl auftreten, so lag der Gedanke nahe, zu untersuchen, wie weit die Länge und Häufigkeit dieser Perioden mit den allein vom Zufall herbeigeführten Verhältnissen in Einklang stehen. Auf solche Weise muss ein Urtheil zu gewinnen sein, in welchem Grade die meteorischen Vorgänge, wie von vornherein zu erwarten steht, dahin wirken, die längeren Perioden seltener und die kürzeren häufiger auftreten zu lassen, als es der blosse Zufall mit sich bringen würde.

Zunächst musste es sich um die Ableitung der Formeln handeln, zu denen wir auf folgendem Wege gelangen.

Wenn eine Periode von $n_a + n_b + n_c$ oder $\boldsymbol{n_{a,b,c}}$ Tagen $\boldsymbol{n_a}$ Tage mit interdiurner Erwärmung, $\boldsymbol{n_b}$ Tage mit Erkaltung und $\boldsymbol{n_c}$ Tage ohne interdiurne Aenderung für den bestimmten Beobachtungs-Termin enthält — wobei für den ersten Tag die Aenderung gegen den vorangehenden, der Periode nicht angehörigen Tag berücksichtigt sein möge, so giebt es im ganzen $\boldsymbol{Z_{a,b,c}} = \frac{n_{a,b,c}!}{n_a!\, n_b!\, n_c!}$ verschiedene mögliche Anordnungen dieser Tage, soweit nur die Reihenfolge und der Sinn der Temperatur-Aenderungen in Betracht kommen.

Digitized by Google

Um zu untersuchen, wie oft in der mittleren Vertheilung in der Reihe der $n_{a,b,c}$ Tage grade α Tage a mit aufeinander folgender Erwärmung auftreten werden, oder wie wir uns kurz ausdrücken wollen, wie oft a^α durch kein a begrenzt im Mittel zu erwarten ist, sind der Reihe nach die Ausdrücke abzuleiten für die Häufigkeit des Vorkommens von $a^\alpha b$ oder $a^\alpha c$ am Anfang, bezw. von ba^α oder ca^α am Ende, wie von $ba^\alpha b$, $ca^\alpha c$, $ba^\alpha c$ oder $ca^\alpha b$ bei beliebiger Stellung der begrenzenden b und c in der Reihe.

Hebt man α Grössen a und ein b heraus, so lassen die übrigen Grössen offenbar $A = \frac{(n_{a,b,c}-\alpha-1)!}{(n_a-\alpha)!\,(n_b-1)!\,n_c!}$ verschiedene Anordnungen zu, sodass die Folge $a^\alpha b$ am Anfang und ebenso ba^α am Ende im ganzen in allen Reihen $Z_{a,b,c}$ grade je Amal vorkommen müssen.

Die gleiche Ueberlegung ergiebt für die Häufigkeit des Vorkommens von $a^\alpha c$ am Anfang und von ca^α am Ende je $B = \frac{(n_{a,b,c}-\alpha-1)!}{(n_a-\alpha)!\,n_b!\,(n_c-1)!}$

Hebt man die Serie $ba^\alpha c$ heraus, so lassen die übrigbleibenden Grössen $\frac{(n_{a,b,c}-\alpha-2)!}{(n_a-\alpha)!\,(n_b-1)!\,(n_c-1)!}$ verschiedene Anordnungen zu; berücksichtigt man, dass das zu dieser Serie gehörige b der Reihe nach von der ersten Stelle links nach rechts soweit vorrücken kann, bis das c dieser Serie ($ba^\alpha c$) die letzte Stelle rechts einnimmt, dass für diese Serie also $n_{a,b,c}-\alpha-1$ verschiedene Stellungen in jeder Reihe von $n_{a,b,c}$ Gliedern möglich sind, so ergiebt sich als Gesamt-Häufigkeit der Serie $ba^\alpha c$, wie von $ca^\alpha b$

$$C = \frac{(n_{a,b,c}-\alpha-1)!}{(n_a-\alpha)!\,(n_b-1)!\,(n_c-1)!}$$

Ebenso berechnet sich die Häufigkeit der Serie $ba^\alpha b$

$$D = \frac{(n_{a,b,c}-\alpha-1)!}{(n_a-\alpha)!\,(n_b-2)!\,n_c!}$$

und die der Serie $ca^\alpha c$

$$E = \frac{(n_{a,b,c}-\alpha-1)!}{(n_a-\alpha)!\,n_b!\,(n_c-2)!}$$

Die Gesamt-Häufigkeit von a^α in der Weise gedacht, dass grade α Grössen a aufeinander folgen, ist demnach gegeben durch $n_{a^\alpha} = 2A+2B+2C+D+E$ und man erhält durch Umrechnungen

$$n_{a^\alpha} = (n_b+n_c+1)\frac{(n_b+n_c)!}{n_b!\,n_c!}(n_{a,b,c}-\alpha-1)\,n_a-\alpha.$$

Dividirt man dieses Gesamt-Vorkommen von a^α in allen möglichen Reihen durch die Anzahl $Z_{a,b,c}$ dieser Reihen, so erhält man das mittlere Vorkommen der Serie a^α in einer solchen Reihe oder die Häufigkeit dieser Serie, wie sie der Zufall allein in der mittleren Vertheilung herbeiführen würde. Führt man diese Division aus, so ergiebt sich die mittlere Häufigkeit von a^α

$$[a^\alpha] = \frac{(n_a-\alpha+1)\ldots n_a}{(n_{a,b,c}-\alpha)\ldots n_{a,b,c}}(n_b+n_c+1)(n_b+n_c) \text{ und es folgen hieraus:}$$

$$\left.\begin{aligned}
[a] &= \frac{n_a(n_b+n_c)(n_b+n_c+1)}{(n_{a,b,c}-1)\,n_{a,b,c}}\\
[a^2] &= [a]\,\frac{n_a-1}{n_{a,b,c}-2}\\
[a^3] &= [a^2]\,\frac{n_a-2}{n_{a,b,c}-3}\\
[a^4] &= [a^3]\,\frac{n_a-3}{n_{a,b,c}-4}\\
&\ldots\ldots\ldots
\end{aligned}\right\}$$

Leiten wir hieraus die Wahrscheinlichkeit ab, dass auf eine Erwärmung a wieder eine Erwärmung folge. Die mittlere wahrscheinliche Vertheilung enthält $[a^2]$ Folge a^2, $[a^3]$ Folge a^3 u. s. w., und besteht somit im

Digitized by Google

ganzen $1\,[a^2]+2\,[a^3]+3\,[a^4]+\ldots\ldots+(n_a-1)\,[a^{n_a}]$ mal die Möglichkeit, dass auf ein a wieder ein a folge. Da die Reihe n_a Grössen a enthält, so ist demnach die Wahrscheinlichkeit, dass auf a wieder a folge, gegeben durch:

$$W_{aa} = \frac{1}{n_a}\left\{[a^2]+2\,[a^3]+\ldots\ldots+(n_a-1)\,[a^{n_a}]\right\}.$$

Diese Wahrscheinlichkeit lässt sich aber auch direkt unmittelbar herleiten. Heben wir nämlich aa heraus, so gestatten die übrigen Grössen $\frac{(n_{a,b,c}-2)!}{(n_a-2)!\,n_b!\,n_c!}$ verschiedene Gruppirungen. Da die Folge aa in jeder Reihe $(n_{a,b,c}-1)$ verschiedene Stellungen einnehmen kann, so wird in allen Reihen aa im ganzen $\frac{(n_{a,b,c}-1)\,(n_{a,b,c}-2)!}{(n_a-2)!\,n_b!\,n_c!}$ vorkommen und somit, wenn man durch die Zahl aller möglichen Reihen $Z_{a,b,c}$ dividirt, im Mittel $\frac{n_a\,(n_a-1)}{n_{a,b,c}}$ mal zu erwarten sein. Da weiter n_a Grössen a vorhanden sind, so erhält man demnach auf diesem direkten Wege für die Wahrscheinlichkeit, dass auf eine Erwärmung wieder eine Erwärmung folge, den Werth W_{aa}*) $= \frac{n_a-1}{n_{a,b,c}}$ als einen einfachen Ausdruck für die dem Zufall zukommende Erhaltungs-Tendenz des Vorzeichens der interdiurnen Temperatur-Aenderung.

Eine mit der Erhaltungs-Tendenz in gewissem Zusammenhang stehende Grösse ist die Anzahl der in einer gegebenen Periode beobachteten Zeichenwechsel der interdiurnen Aenderungen. Zählen wir diese so, dass ein Tag ohne interdiurne Aenderung (0.0) bei dem Zählen der Uebergänge von + zu — einfach überschlagen wird, so würden in unserer obigen Bezeichnung alle Folgen ab, acb, ac^2b u. s. w. und die entsprechenden ba, bca, bc^2a u. s. w. in Betracht kommen. Verfährt man in derselben Weise wie oben bei der Herleitung der mittleren Häufigkeit von aa, so erhält man als Werth für die dem Zufall allein zu dankende mittlere Zahl von Zeichenwechseln

$$\frac{2\,n_a\,n_b}{n_{a,b,c}}\left(1+\frac{n_c}{n_{a,b,c}-1}+\frac{n_c}{n_{a,b,c}-1}\,\frac{n_c-1}{n_{a,b,c}-2}+\ldots\ldots\right)$$

Für den Fall, dass es sich bei einer Reihe um nur zwei und an Zahl gleichhäufig auftretende verschiedene Grössen handle, hat Quetelet**) eine Formel für die dem Zufall zu dankende mittlere Häufigkeit der Perioden verchiedener Länge gegeben: »En nommant N le nombre total de jours, les périodes de 1, de 2 etc. jours, sont représentées par les termes de la série $\frac{N}{2^2}+\frac{N}{2^3}+\frac{N}{2^4}+\ldots$, dont la somme vaut $\frac{N}{2}$; il en résulte que le nombre des périodes devrait être la moitié du nombre des jours. D'ailleurs, il est bien clair qu'en multipliant le nombre de fois que chaque période se présente par le nombre de places qu'elle comprend, on doit trouver la totalité des jours, ce qui se montre par l'égalité $\frac{N}{2^2}+\frac{2\,N}{2^3}+\frac{3\,N}{2^4}+\ldots = N$. Diese letztere Bedingung müsste allerdings, falls jene Formel für die Länge der Periode richtig wäre, erfüllt sein — ist es jedoch, was Quetelet übersieht, keineswegs allgemein, sondern nur für $N=\infty$, also für eine unendlich lange Beobachtungsreihe. Da es sich jedoch stets um endliche Reihen bei derartigen Aufgaben der Meteorologie handelt, so gilt die von Quetelet aufgestellte obige Formel nur angenähert und

*) Durch Gleichsetzung der beiden Werthe W_{aa} ergiebt sich durch Einführung neuer Grössen A, B, C:

$$1+2\,\frac{A}{B}+3\,\frac{A}{B}\,\frac{A-1}{B-1}+\ldots+(A+1)\,\frac{A}{B}\,\frac{(A-1)}{B-1}\ldots\frac{1}{B-A+1} = \frac{(B+1)\,(B+2)}{(B-A+1)\,(B-A+2}.$$

Diese Relation schien die Verallgemeinerung zuzulassen:

$$\sum_{n=0}^{A}(n+k-1)_n\,\frac{A_n}{B_n} = \frac{(B+k)_k}{(B-A+k)_k}\,,$$ wo die Indices n und k Binomial-Koeffizienten andeuten.

Bei dem Versuch, diesen Satz für $k=\mu+1$ als richtig zu erweisen, falls er für $K=\mu$ gilt, ergab sich die allgemeinere Formel

$$\frac{P_k}{Q_k} = \sum_{n=0}^{P-Q}\frac{(P-k+\lambda-n)_\lambda}{(Q-k+\lambda)_\lambda}\,(n+k-\lambda-1)_n\,\frac{(P-Q)_n}{(P-k)_n}$$

für $P>Q$, für die vom Verfasser späterhin der Beweis gefunden und gezeigt wurde, dass sie nebst weiteren ähnlichen Formeln, auch solchen für $Q>P$, für alle positiven und negativen ganzzahligen Werthe von P, Q, λ und k, auch für $k>P$ und $>Q$ gilt

**) Quetelet: Mémoire sur la température de l'air à Bruxelles (S. 38). Bruxelles 1867.

Digitized by Google

stimmt um so weniger, je kleiner N. Man überzeugt sich leicht, dass die vom Verfasser gegebene Formel für $[a^\alpha]$ für $n_a = n_b$ und $n_c = 0$ mit dem Grenzwerth $n_a + n_b = \infty$ in die Quetelet'sche übergeht, falls man berücksichtigt, dass diese nicht $[a^\alpha]$ sondern $[a^\alpha] + [b^\alpha]$ darstellen soll. Quetelet giebt die Ableitung nicht; doch diese ist klar ersichtlich, wie auch die Ursache des seiner Formel anhaftenden Mangels. Bei ihrer Ableitungsweise ist namentlich offenbar nicht berücksichtigt worden, dass bei einer gegebenen endlichen Anzahl von Grössen jedes Herausgreifen einiger die Zusammensetzung des Restes nach dem Verhältniss der Grössen verschiedener Art beeinflusst und daher nicht vernachlässigt werden darf; nur bei einer unendlich grossen Zahl von schwarzen und weissen Kugeln in einem Sacke werde ich bei genügend häufigem Herausholen einer bedeutenden Zahl von Kugeln im Mittel dasselbe Resultat erhalten, gleichviel ob ich die Kugeln jedesmal wieder in den Sack zurückwerfe oder bei Seite lege.

Bei der von Quetelet gegebenen Anwendung seiner Formel ist der Einfluss auf das Resultat, da N ziemlich gross ist, nicht erheblich, während er für kleine Werthe bedeutend ist. Dies mögen beispielsweise die für die Reihe $aaabbb$ berechneten Werthe für die dem Zufall zu dankende mittlere Länge der möglichen Perioden darlegen

	Quetelet	Grossmann
$[a] + [b]$	1.500	2.40
$[a^2] + [b^2]$	0.750	1.20
$[a^3] + [b^3]$	0.387	0.40

Man überzeugt sich leicht von der Richtigkeit der vom Verfasser berechneten Zahlen, da in den 20 möglichen Reihen a und b einzeln im ganzen je 24mal, a^2 und b^2 im ganzen je 12, und a^3 wie b^3 je 4mal vorkommen, also in der mittleren Vertheilung $[a] + [b] = \frac{48}{20}$, $[a^2] + [b^2[= \frac{24}{20}$ und $[a^3] + [b^3] = \frac{8}{20}$ mal zu erwarten sind. Wie verlangt werden muss, ist $2.40 + 2 \times 1.20 + 3 \times 0.40$ gleich der Anzahl N, während diese Bedingung für die Quetelet'sche Formel nicht erfüllt sein kann, solange N endliche Werthe hat.

Bei der Benutzung der vom Verfasser gegebenen Formeln ist noch Folgendes zu beachten. Wenn wir 10 Säcke, alle gefüllt mit den gleichen Mengen n_a, n_b und n_c Grössen a, b und c haben, und wir diese 10 Säcke in einen grossen Sack umfüllen, so haben wir für diesen bei der stückweisen Entleerung in der mittleren Vertheilung eine andere Anordnung der Häufigkeit und Länge von Serien gleicher Art zu erwarten, dadurch bedingt, dass bei der 10mal grösseren Zahl jeder Art von Grössen in dem grossen Sack auch zehnmal längere Perioden auftreten können als bei der Entleerung der einzelnen kleinen Säcke.

Seien die Grössen a, b, c in dem grossen Sack an Zahl A, B, Cmal enthalten, so erhalten wir für die mittlere Vertheilung in den kleinen Säcken

$$[a] = \frac{1}{10} \frac{A(B+C)(B+C+10)}{(A+B+C-10)(A+B+C)}$$

$$[a^2] = [a] \frac{A-10}{A+B+C-20}$$

$$[a^3] = [a^2] \frac{A-20}{A+B+C-30}$$

. . . . . .

also Werthe, die mit wachsendem α für $[a^\alpha]$ schneller als für den zehnmal so grossen Sack abnehmen, wie es der Fall sein muss.

§ 16. Die wirkliche Häufigkeit und Länge von Perioden anhaltenden interdiurnen Steigens oder Sinkens der Temperatur im Vergleich mit der durch den Zufall geforderten.

Wenden wir die für den Zufall geltenden Formeln für die Häufigkeit von Perioden bestimmter Länge anhaltenden interdiurnen Sinkens und Steigens der Temperatur auf die Beobachtungen von Borkum, Kiel und Neufahrwasser an und suchen wir deren durch den Zufall gefordertes Vorkommen, getrennt für den Zeitraum März bis Juni und Oktober bis Januar. Vergegenwärtigen wir uns, dass die Perioden in der Weise ausgezählt wurden, dass wir von einem Monat ohne abzusetzen nach dem andern Monat weiterzählten, so

Digitized by Google

wird sich zunächst jede dieser Perioden in ihrem Kontinuum, um bei dem obigen Bilde zur Veranschaulichung zu bleiben, als ein grosser Sack darstellen, in den die Monatsgrössen hineingeschüttet sind, und wenn wir die Ergebnisse der 10 Jahre zusammenfassen, so wird dies im Resultat ebenfalls auf ein weiteres Zusammenschütten hinauskommen, da zu Anfang jeder dieser zehn Einzelperioden soweit als nöthig die vorangehenden Grössen als Beginn der zunächst auftretenden Periode hinzugenommen wurden.

Tab. *E* des Anhangs enthält die Häufigkeitszahlen für die Perioden andauernden Steigens und Fallens, die der Zufall allein als die mittlere Vertheilung der gegebenen Fälle von Steigen und Sinken wie Stagniren der Temperatur in den 1220 bezw. 1230 Tagen herbeigeführt haben würde, nebst den Abweichungen Δ, deren Vorzeichen so gewählt sind, dass positive einen Ueberschuss für das Walten des Zufalls anzeigen. Die Rechnung ist für wachsende Länge der Perioden soweit geführt, bis sich die Häufigkeit kleiner als $^1/_2$ ergab. Man sieht, dass die rein zufällige Vertheilung im Mittel für Perioden siebentägiger Dauer noch durchweg mindestens die Häufigkeit 1 für den zehnjährigen Zeitraum ergiebt, dass die Perioden von 8 Tage Dauer mit mindestens 1 Fall noch von März bis Juni bei steigender Temperatur und von Oktober bis Januar bei sinkender Temperatur an allen drei Terminen des Tages vorkommen, und dass gleichzeitig dann auch noch die neuntägige Periode mit mehr als $^1/_2$ als Häufigkeit auftritt, während sie bei sinkender Tendenz in den warmen und steigender Tendenz in den kalten nicht mehr vorkommen. Die in der mittleren Vertheilung vom Zufall geforderte Länge der Perioden weicht somit nur unbedeutend von der beobachteten ab. Die Abweichungen lehren, dass die kurzen Perioden von 1—2 Tage Dauer in der wirklichen Vertheilung häufiger und die von 6 und mehr Tage Dauer etwas seltener als in der vom Zufall gegebenen Vertheilung beobachtet werden und dass sich die mittleren von 3—5 Tage Dauer in dieser Beziehung als Uebergang verschieden verhalten. Wenn auch die Unterschiede, da es sich um einen zehnjährigen Zeitraum handelt, gering sind, so spricht es sich doch klar aus, dass in der Natur Kräfte dem zeitlichen Anwachsen der Perioden anhaltender interdiurner Erwärmung oder Erkaltung entgegenwirken und daher die Häufigkeit der Perioden kürzester Dauer begünstigen.

Um zu übersehen, wie weit dieses Resultat durch die für diesen Zweck nicht ganz korrekte Auszählung der Perioden interdiurner gleichartiger Aenderungen beeinflusst sein möchte, wurden diese für die Station Kiel nochmals entnommen, in der Art, wie es die anzuwendende Formel streng genommen verlangt, dass die Perioden für jeden Monat ohne Berücksichtigung der am Anfang und Ende auftretenden benachbarten interdiurnen Aenderungen ausgezählt wurden. Suchen wir jetzt nach der gegebenen Formel die wahrscheinliche mittlere Vertheilung der Perioden in jenen je 40 Monaten auf, so ist die obige Bemerkung über die Benutzung der Formel zu berücksichtigen. Streng verfahrend würden wir für jeden einzelnen Monat die dem Zufall zu verdankende Länge der Periode nun berechnen können und daraus die mittlere Vertheilung in dem viermonatlichen Zeitraum herleiten; es genügt jedoch annähernd, zu diesem Zweck die 40 einzelnen Monate als gleichartig anzusehen und mit den für die 40 Monate beobachteten Häufigkeitszahlen interdiurner Temperatur-Aenderungen *A, B, C* der bestimmten Art in die Formeln

$$[a] = \frac{A\,(B+C)\,(B+C+40)}{(A+B+C-40)\,(A+B+C)}$$ u. s. w. einzugehen, um die gesuchten Grössen zu erhalten.

Tab. XXI giebt für Kiel und den Zeitraum 1890/99 die Häufigkeit der Perioden anhaltenden interdiurnen Steigens oder Sinkens der Temperatur und zwar als „berechnet" die dem Zufall allein zu dankende gegenüber der „beobachteten", nebst dem Unterschied Δ, der durch positives Zeichen das Ueberwiegen der Zufalls-Häufigkeit anzeigt. Gegenüber der Anordnung des Zufalls im vorigen vierzigmonatlichen Zeitraum zeigt diese im 40mal einmonatlichen Zeitraum eine Kürzung der längsten Perioden um etwa einen Tag. Die hier hervortretende Uebereinstimmung zwischen der wirklichen Vertheilung der Perioden nach Länge und Häufigkeit und derjenigen, die der Zufall allein herbeiführen würde, ist bedeutend grösser als sie Tab. *E* zeigt. Berücksichtigen wir, dass die Abweichungen durch 40 bezw. 10 zu dividiren sind, um solche pro Monat und Jahr darzustellen, so sind sie gewiss auffallend gering; es bleibt jedoch die Verminderung der langen Perioden und die Vermehrung der kürzeren als das Wirken der Natur gegenüber dem Spiele des Zufalls bestehen. Die Unterschiede sind aber im ganzen so klein, dass die Dauer und Häufigkeit der Perioden gleichartiger interdiurner Temperatur-Aenderungen als wesentlich zufällige Grössen erscheinen.

Digitized by Google

Tab. XXI (cf. § 16). **Häufigkeit der Perioden bestimmter Länge (n) anhaltenden interdiurnen Steigens oder Sinkens der Temperatur**

in Kiel 1890/99, nach Rechnung und Beobachtung.

Länge der Periode.	März bis Juni:						Oktober bis Januar:					
	Steigen			Sinken			Steigen			Sinken		
	Ber.	Beob.	Δ	Ber.	Beob.	Δ	Ber.	Beob.	Δ	Ber.	Beob.	Δ
(Tage.						α) 8^h a. m.						
1	160	192	−32	181	214	−33	179	206	−27	167	191	−24
2	84	93	− 9	82	93	−11	83	103	−20	85	105	−20
3	43	43	0	35	29	+ 6	37	34	+ 3	41	33	+ 8
4	21	17	+ 4	14	12	+ 2	16	10	+ 6	19	15	+ 4
5	10	8	+ 2	6	4	+ 2	6	4	+ 2	9	9	0
6	5	2	+ 3	2	—	+ 2	2	—	+ 2	4	3	+ 1
7	2	2	0	0.7	—	+ 0.7	0.8	—	+ 0.8	1.5	—	+ 1.5
8	0.8	—	+ 0.8	—	—	—	—	—	—	0.6	—	+ 0.6
						β) 2^h p. m.						
1	153	161	− 8	185	195	−10	184	176	+ 8	158	168	−10
2	84	101	−17	80	93	−13	82	92	−10	85	96	−11
3	44	45	− 1	33	29	+ 4	35	43	− 8	44	38	+ 6
4	23	23	0	13	11	+ 2	14	9	+ 5	22	24	− 2
5	11	7	+ 4	5	4	+ 1	5	5	0	11	9	+ 2
6	5	4	+ 1	2	—	+ 2	2	—	+ 2	5	5	0
7	2	2	0	0.5	—	+ 0.5	0.6	—	+ 0.6	2	—	+ 2
8	1	—	+ 1	—						0.9	—	+ 0.9
9										0.4	—	+ 0.4
10										0.2	1	− 0.8
						γ) 8^h p. m.						
1	155	159	− 4	186	200	−14	183	208	−25	159	175	−16
2	84	103	−19	79	82	− 3	82	89	− 7	85	100	−15
3	44	54	−10	32	29	+ 3	35	36	− 1	44	50	− 6
4	22	17	+ 5	12	13	− 1	14	11	+ 3	22	18	+ 4
5	11	6	+ 5	4	3	+ 1	5	3	+ 2	10	7	+ 3
6	5	4	+ 1	1	1	0	2	—	+ 2	5	2	+ 3
7	2	1	+ 1	0.5	—	+ 0.5	0.6	—	+ 0.6	2	1	+ 1
8	0.9	—	+ 0.9							0.8		+ 0.8

Unsere obige Folgerung, dass die grössere Zahl der längeren Perioden anhaltenden interdiurnen Steigens oder Sinkens der Temperatur von mehr als 5 Tage Dauer wesentlich auf die zu solchen Zeiten hervortretenden Ueberschüsse an positiven oder negativen I. T.-Ä. hervorgerufen werden, zeigt sich hier bestätigt, da die von dem Zufall hervorgerufene Vertheilung fast genau die entsprechende Steigerung der Häufigkeit der längeren Perioden herbeiführen würde.

Dass wir in der Natur die längeren Serien gleichartiger I. T.-Ä. gegenüber dem Zufall etwas vermindert sehen, war zu erwarten. Einerseits bedeutet eine solche Serie in der Natur im allgemeinen ein entsprechendes Fortbestehen einer gegebenen Wetterlage und andererseits setzt die Forderung, dass die von der unteren Luftschicht abgegebene Wärmemenge nicht grösser als die durch Insolation zugeführte sein kann, einer bei annähernd gleichem Sonnenstande von Tag zu Tag erfolgenden Zunahme der Temperatur eine Grenze; sind diese in der Natur bei der Vertheilung jener Serien auftretenden Hemmungen an sich auch nicht bedeutend, so sind sie doch ausreichend, um jene Gegensätze gegen eine rein zufällige Vertheilung hervorzurufen.

Digitized by Google

§ 17. Die beobachtete und die vom Zufall geforderte Erhaltungs-Tendenz des Vorzeichens der interdiurnen Aenderung der Temperatur. Die Anzahl der Zeichenwechsel nach Zufall und Wirklichkeit.

Nach dem vorigen Resultat, dass die Natur die längeren Perioden gleichartiger I. T.-Ä. verringere und die Zahl der kürzeren erhöhe, kann es wenig zweifelhaft erscheinen, wo sich durchschnittlich die grössere Erhaltungs-Tendenz für das Vorzeichen der I. T.-Ä. geltend mache, in der Natur oder in den Forderungen des Zufalls. Aus den in Tab. XXI gegebenen Häufigkeitszahlen der beobachteten Serien gleichartiger Temperatur-Aenderungen und den während der beiden vierzigmonatlichen Zeiträume beobachteten Fällen interdiurnen Steigens und Sinkens der Temperatur wurden die in Tab. XXII als „beobachtet" bezeichneten Werthe der Erhaltungs-Tendenz abgeleitet und die dort als „berechnet" aufgeführten Werthe nach der für das Wirken des Zufalls geltenden obigen Formel berechnet, die in diesem Falle aus den angeführten Gründen die Gestalt $W_{aa} = \frac{n_a - 40}{n_{a,b,c}}$ wegen der unter n_a wie $n_{a,b,c}$ vereinigt gedachten 40 einzelnen Monate annehmen musste.

Tab. XXII (cf. § 17).

Erhaltungs-Tendenz für das Vorzeichen der interdiurnen Temperatur-Aenderung in Kiel 1890/99.

	März bis Juni				Oktober bis Januar			
	Steigen		Sinken		Steigen		Sinken	
	Ber.	Beob.	Ber.	Beob.	Ber.	Beob.	Ber.	Beob.
8^a	49	44	42	37	43	38	47	43
2^p	51	48	40	38	41	41	50	48
8^p	50	48	40	37	42	37	50	46

Wir sehen aus Tab. XXII, dass für Kiel zu allen drei Terminen wie in beiden Jahreszeiten die rein zufällige Erhaltungs-Tendenz meist etwas grösser als die wirkliche ist; der Ueberschuss zu Gunsten des Zufalls erscheint meist Morgens am grössten, Abends etwas kleiner und Nachmittags am kleinsten und beträgt für Kiel ca. 5% um 8^a, 2% um 2^p und 3% um 8^p.

Zu dem gleichen Resultat gelangen wir durch Vergleichung der wirklich beobachteten Zeichenwechsel der I. T.-Ä. mit deren vom Zufall geforderten Häufigkeit.

In Tab. XXIII finden wir für Kiel und die Zeiträume März bis Juni wie Oktober bis Januar der 10 Jahre die vom Zufall geforderte und die beobachtete Anzahl der Zeichenwechsel zusammengestellt, wobei zu bemerken ist, dass die Auszählung der Zeichenwechsel für jeden Monat einzeln, ohne Berücksichtigung der benachbarten I. T.-Ä. der angrenzenden Monate ausgeführt wurde. Die Unterschiede dieser zweierlei Häufigkeitszahlen der Zeichenwechsel sind im ganzen unerheblich, indem sie höchstens 10% erreichen, lassen jedoch durchweg die grössere Erhaltungs-Tendenz für die durch den Zufall gegebene Vertheilung, wie auch die Abnahme dieses Unterschiedes in der Reihenfolge Morgen, Abend, Nachmittag hervortreten.

Tab. XXIII (cf. § 17).

Anzahl der Zeichenwechsel der interdiurnen Temperatur-Aenderung in Kiel 1890/99.

	März bis Juni			Oktober bis Januar		
	Ber.	Beob.	Δ	Ber.	Beob.	Δ
8^a	595	655	−60	598	662	−64
2^p	590	625	−35	598	613	−15
8^p	583	623	−40	598	650	−52

Erinnern wir uns, dass in § 12 die Erhaltungs-Tendenz des Vorzeichens der I. T.-Ä. von einem Tag zum andern im Jahresmittel für I. T.-Ä. $> (1^1/_2°)$ als Ausgangspunkt gleich 46% gegenüber dem allgemeinen Werth 43% berechnet wurde, so bemerken wir, dass jener grössere Betrag nahezu der für die rein

Digitized by Google

zufällige Vertheilung der I. T.-Ä. ermittelten Erhaltungs-Tendenz entspricht. Da wir dort den Nachweis geliefert haben, dass sich die Erhaltungs-Tendenz $p_{\alpha\gamma}$ des Vorzeichens der I. T.-Ä. von einem Beobachtungs-Termin α bis zu einem innerhalb 24 Stunden folgenden späteren Termin durch $p_{\alpha\gamma} = p_{\alpha\beta} \times p_{\beta\gamma}$ darstellt, wo β einen zwischen α und γ gelegenen Termin bedeutet, und $p_{\alpha\beta}$ und $p_{\beta\gamma}$ entsprechend $p_{\alpha\gamma}$ aufzufassen sind, so stand wenig zu erwarten, dass wir bei der Erhaltung des Vorzeichens der I. T.-Ä. für die Dauer von 24 Stunden bereits auf Zahlen geführt werden würden, wie sie ebenso durch das blosse Walten des Zufalls herbeigeführt werden würden.

Bei den Erscheinungen der I. T.-Ä. haben wir es wesentlich mit Folgen der interdiurnen Aenderung der Bewölkung zu thun, so dass die klargelegte grosse Veränderlichkeit der Vorzeichen der I. T.-Ä. auf die der Bewölkung zurückzuführen ist. Tab. XIII zeigte, wie grosse Werthe die Zeichenerhaltung der I. T.-Ä. von 8^a bis 2^p und von 2^p bis 8^p, also während einer Insolations-Schwankung der I. T.-Ä., wie wir uns kurz ausdrückten, hat, wie diese Zeichenfolge erheblich kleiner für die den zeitlichen Grenzen der Insolations- und der Ausstrahlungs-Schwankung näher liegenden Termine von 8^a bis 8^p und von 8^p bis 8^a — also für 12 Stunden, ist, und welche weitere bedeutende Abnahme, etwa im gleichen Betrage für einen achtzehnstündigen Zeitraum von 8^p bis 2^p und von 2^p bis 8^a eintritt. Je 6 Stunden fortschreitend, finden wir die durchschnittliche Erhaltung des Vorzeichens der I. T.-Ä. hiernach um 12—13% verringert und die nahezu gleiche Verringerung zeigt sich bei einem Fortschreiten von 18 zu 24 Stunden. Dann treten ungefähr die durch den Zufall gebotenen Verhältnisse ein.

Schlussbetrachtung.

Als ein Maassstab für die wirkliche Veränderlichkeit der Temperatur von Tag zu Tag ist nur die mittlere interdiurne Veränderlichkeit der Temperatur (M. I. T.-V.) und nicht die interdiurne Veränderlichkeit des Tagesmittels der Temperatur anzusehen; auf diese hat die Erhaltung des Vorzeichens der interdiurnen Temperatur-Aenderung von einem Termin zum andern grossen Einfluss und beeinträchtigt ihre Vergleichbarkeit. Wie die Ergebnisse dieser Untersuchung nur gestützt auf die interdiurne Temperatur-Veränderlichkeit für einzelne Tagesstunden möglich gewesen sind, so erscheint es im Interesse weiterer Aufhellung des Gebietes erforderlich, an Stelle der Berechnung jener Veränderlichkeit der Tagesmittel solche in grösserem Umfange für bestimmte Tagesstunden abzuleiten. Die Auswahl weniger charakteristischer Stationen und und langer Beobachtungsreihen erscheint nothwendig im Gegensatz zu einer grossen Zahl von Stationen und kurzen Zeiträumen, da solche Zahlen nur zu leicht irreführen können.

Der tägliche Gang der interdiurnen Veränderlichkeit der Temperatur spielt sich unter dem Einfluss der Insolation und der nächtlichen Ausstrahlung so ab, wie ihn diese durch Vermittlung des interdiurnen Wechsels der Bewölkung hervorrufen würden. Diese Bewölkungs-Unterschiede von Tag zu Tag mögen in Verbindung mit Wetterumschlägen oder bei gleicher Wetterlage auftreten; jedenfalls überwiegt an der Küste bei weitem die Zahl der kleinen interdiurnen Temperatur-Aenderungen. Es bedarf nicht der Vorstellung, als ob ein Wechsel vollständig heiterer und trüber Tage nöthig sei, um die dargelegten Verhältnisse zu erklären, vielmehr genügt schon der stete Wechsel von Sonnenschein und Trübung für einige entsprechende Stunden aufeinanderfolgender Tage, um die beobachtete Wirkung im Mittel herbeizuführen. Neben der im Laufe der Untersuchung bestimmt hervortretenden Einwirkung der an Zahl selteneren mehr gewaltsameren Wetterumschläge konnte auch der schwache Einfluss des jährlichen periodischen Wärmeganges auf die interdiurnen Temperatur-Aenderungen nachgewiesen werden. Hier mag das Bedürfniss nochmals betont werden, die mittlere interdiurne Temperatur-Veränderlichkeit nicht von diesem Einfluss des jährlichen Wärmeganges zu befreien, da sein Effekt in jedem Fall, wenn auch in geringem Grade, für ihren Charakter mitbestimmend erachtet werden muss.

Der jährliche Gang der interdiurnen Veränderlichkeit der Temperatur verläuft ganz analog dem täglichen und findet wie diese seine Erklärung in dem wechselnden Gang der Stärke der Insolation und der nächtlichen Ausstrahlung. Für den jährlichen Gang, der der interdiurnen Temperatur-Veränderlichkeit der verschiedenen Stunden zukommt, bestehen grosse Verschiedenheiten, zu deren Erklärung an Theilen der Ostseeküste die Einwirkung der Seewinde mit herangezogen wurde.

Digitized by Google

In übersichtlicher Weise konnte für Bremen und Barnaul in Taf. I und II die Vertheilung der Stundenwerthe der interdiurnen Temperatur-Veränderlichkeit auf das Jahr dargelegt werden. Die hier hervortretenden Gegensätze im täglichen Gange zeigen deutlich die grossen Schwierigkeiten einer richtigen Beurtheilung der allein durch Werthe der mittleren interdiurnen Temperatur-Veränderlichkeit oder der mittleren Veränderlichkeit der Tagesmittel gekennzeichneten Temperatur-Veränderlichkeit.

Aus den für die einzelnen Stunden bestehenden Jahresgängen setzt sich der jährliche Verlauf für die mittlere interdiurne Temperatur-Veränderlichkeit zusammen und findet somit nur durch jene seine volle Erklärung. Der Jahresverlauf der M. I. T.-V. an der Küste zeigte mit dem der mittleren Veränderlichkeit der Tages-Mitteltemperatur über Skandinavien und Russland im ganzen grosse Uebereinstimmung. Aus den aufgefundenen Unterschieden ergaben sich einige Anhaltspunkte, für das rein ozeanische Klima unserer Breite die Zeitpunkte der Maxima zur Zeit der Solstitien und die der Minima zur Zeit der Aequinoktien anzunehmen, für jene also Juni und Dezember, für die Minima März und September als typisch anzusehen, und dem rein kontinentalen Klima dieser Breiten die Monate Mai und Januar bezw. April und August, somit um je 1 Monat verschoben, als entsprechende Wendepunkte zuzuschreiben. Dieser Punkt bedarf jedoch noch weiterer Untersuchung.

Ein Einfluss der Wetterumschläge auf die Grösse der M. I. T.-V. konnte nicht zahlenmässig festgestellt werden; er scheint auch mit Rücksicht auf die grosse Uebereinstimmung des jährlichen Ganges auf dem ganzen zur Vergleichung herangezogenen Gebiet im ganzen nicht sehr erheblich. Zur Erklärung der auf dem Gebiete vorhandenen Unterschiede der Grösse der M. I. T.-V. dürften die Unterschiede der Kraft der Insolation und besonders der nächtlichen Ausstrahlung neben weiterer Berücksichtigung von Unterschieden der interdiurnen Veränderlichkeit der Bewölkung wesentlich ausreichen.

Wie unter dem Einfluss des täglichen Wärmeganges auch im Laufe des Tages auftretende Temperatur-Unterschiede im Mittel längerer Zeiträume Jahreskurven mit scharf ausgesprochenen doppelten Maxima und Minima besitzen, wurde für einige Küstenstationen durch den jährlichen Verlauf der zehnjährigen Unterchiede der Minimum-Temperatur gegen die Temperatur um 8^a, der Temperatur um 2^p gegen das Maximum, sowie der Temperatur 8^a gegen 2^p und 2^p gegen 8^p (Tab. XII) gezeigt; für die beiden ersteren fallen die Extreme, auch nach ihrer relativen Grösse, ungefähr mit denen der M. I. T.-V. zusammen und für die beiden letzteren finden wir bei ungefähr derselben Lage 4 Wendepunkte im Jahresverlauf, nur die Maxima und Minima mit einander vertauscht.

Eine Untersuchung der relativen Häufigkeit der positiven und der negativen interdiurnen Aenderungen führte zu dem Resultat, dass die positiven von März bis Juni und die negativen von Oktober bis Januar überwiegen; nur die grössten interdiurnen Aenderungen zeigen ein entgegensetztes Verhalten. Wie näher dargelegt wurde, haben wir jenes Ueberwiegen bei den kleinen und mittleren I. T.-Ä. auf den jährlichen periodischen Wärmegang zurückzuführen, während bei den grössten I. T.-Ä. die grossen Wetterumschläge die Erklärung liefern.

Die grössten I. T.-Ä. stellen sich auf den herangezogenen Stationen Borkum, Kiel und Neufahrwasser als Erwärmungen im Winter und Erkaltungen im Sommer dar und stehen mit starken Wetterumschlägen in Verbindung, während die neben diesen in Neufahrwasser auftretenden einzelnen grossen Erkaltungen im Winter und Erwärmungen im Sommer wesentlich als Folge der nächtlichen Ausstrahlung und der Insolation anzusehen sind.

Für die Länge und Häufigkeit der Perioden anhaltenden interdiurnen Steigens oder Sinkens der Temperatur ergab sich in allen Monaten für die genannten Stationen während des zehnjährigen Zeitraumes das Vorkommen solcher bis zu 4 Tage Dauer und meist auch noch bis zu fünftägiger Dauer, während die grösseren seltener sind und eine bestimmte Vertheilung im Jahre haben, indem sie wesentlich als Erwärmungen von März bis Juni und als Serien von sinkender Temperatur von Oktober bis Januar auftreten; sie stellen sich als eine Folge des jährlichen Sonnenganges dar und treten wesentlich in der gleichen Weise vertheilt auf, wenn man nach den Regeln der Wahrscheinlichkeit die Vertheilung der vorhandenen positiven und negativen I. T.-Ä. aufsucht.

Die Anwendung der Wahrscheinlichkeits-Rechnung auf die Vertheilung der positiven und negativen interdiurnen Temperatur-Aenderungen führte weiter zu dem bemerkenswerthen Ergebniss, dass die Erhaltung

Digitized by Google

des Vorzeichens der I. T.-Ä. von einem Tag zum andern, die Erhaltungs-Tendenz im allgemeinen etwas kleiner als diejenige ist, die der blosse Zufall bei der Vertheilung mit sich bringen würde, und diesen Werth nur erreicht, wenn man von den $1^1/_2°$ übersteigenden interdiurnen Temperatur-Aenderungen ausgeht. Die Erhaltung des Vorzeichens der I. T.-Ä. beträgt für 8^a bis 2^p und 2^p bis 8^p im Mittel 81%, für den Zeitraum 8^a bis 8^p und 8^p bis 8^a im Mittel 69% und für den achtzehnstündigen Zeitraum von 8^p bis 2^p und von 2^p bis 8^a im Mittel 56%, um für den Zeitraum von 24 Stunden dann wieder um weitere ca. 12% zu sinken und nahezu gleich dem vom Zufall geforderten Werth zu werden. Die Häufigkeit der vom Zufall geforderten Perioden gleichartiger interdiurner Temperatur-Aenderungen gegenüber den beobachteten lehrt, dass in der Natur die längeren etwas seltener und die kürzeren etwas häufiger als in der rein zufälligen Vertheilung auftreten; die Uebereinstimmung zwischen den beiderartigen Grössen ist indessen eine recht erhebliche und gewiss einigermaassen überraschend. Die Berechnung der in der rein zufälligen Vertheilung zu erwartenden Zeichenwechsel der I. T.-Ä. mit den beobachteten führte, wie zu erwarten, zu dem gleichen Ergebniss, den in der Natur von Tag zu Tag beobachteten Wechsel von Zunahme und Abnahme der Temperatur im Durchschnitt etwas grösser als bei dem blossen Walten des Zufalles vorzufinden.

Anhang.

ab. A. **Interdiurne Veränderlichkeit der Temperatur um 8^a, 2^p, 8^p (Ortszeit) 1890/99.**

Borkum

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
						8^a						
90	1.72	2.00	1.69	1.20	1.46	1.58	1.19	1.45	1.13	2.23	2.25	2.03
91	2.10	1.24	1.59	1.04	1.72	1.51	1.44	0.89	1.00	2.00	2.19	2.34
92	2.12	1.42	1.02	1.26	2.01	1.60	1.45	1.41	1.14	1.46	1.54	2.41
93	2.37	1.73	1.47	2.12	1.21	2.17	1.13	1.39	1.02	1.32	1.61	2.06
94	2.22	2.06	1.13	1.52	1.62	1.36	1.49	1.02	0.94	1.45	2.43	1.33
95	1.53	2.14	1.14	1.24	1.87	1.96	1.53	1.09	1.03	1.62	1.67	2.00
96	1.55	1.92	1.85	1.00	1.15	2.08	2.08	1.01	1.28	1.47	2.34	1.65
97	1.82	1.67	1.19	1.23	1.55	2.10	1.41	1.11	1.05	2.04	1.93	1.61
98	1.68	1.41	1.04	1.41	1.27	1.50	1.34	1.88	1.26	1.56	2.08	1.51
99	2.38	1.65	1.54	1.43	1.23	1.51	1.30	1.30	1.13	1.62	1.57	2.86
						2^p						
90	1.86	2.08	2.22	1.16	2.53	2.35	1.79	1.84	1.25	2.01	2.34	2.13
91	1.86	1.46	1.57	1.30	2.60	1.94	2.33	1.61	1.75	1.75	2.15	1.61
92	1.45	1.98	2.05	1.82	2.64	2.62	2.55	2.38	1.69	1.71	1.67	2.04
93	2.28	1.84	1.50	2.58	1.99	2.57	1.94	2.35	1.51	1.20	1.21	1.88
94	2.14	1.32	1.35	2.92	2.17	1.53	2.30	1.70	1.45	1.38	1.49	1.37
95	1.71	1.64	1.35	2.67	2.79	2.17	1.96	1.83	2.29	1.32	2.01	1.80
96	1.16	1.46	2.20	1.11	1.55	3.25	2.77	1.18	0.96	1.57	1.60	1.63
97	2.06	1.17	1.87	2.12	2.55	2.91	2.23	2.46	1.46	1.57	1.65	1.22
98	1.27	1.09	1.30	1.78	1.63	2.40	1.62	2.28	2.07	1.40	1.54	1.65
99	2.17	1.80	1.59	2.13	2.05	2.64	1.94	1.57	1.51	1.55	1.16	2.25
						8^p						
90	1.62	1.64	1.71	1.11	1.72	1.62	1.34	1.25	0.88	1.57	1.97	2.02
91	2.12	1.49	1.22	0.95	1.79	1.93	1.37	1.26	1.41	1.56	1.67	1.26
92	1.63	1.70	1.30	1.35	2.58	1.97	1.44	1.66	1.35	1.30	1.55	2.02
93	2.23	1.75	1.52	1.82	1.19	1.62	1.37	1.46	1.37	1.20	1.68	2.09
94	2.33	1.65	1.34	1.72	1.72	1.34	1.54	0.94	0.79	1.66	1.96	1.35
95	1.54	1.66	1.25	1.66	2.57	2.09	1.46	1.30	1.68	1.30	1.87	1.53
96	0.91	1.38	1.74	0.99	1.41	2.10	1.92	1.24	1.02	1.62	1.96	1.69
97	1.41	1.45	1.57	1.35	2.19	2.07	1.42	1.45	1.14	1.30	1.68	1.65
98	1.41	1.44	1.01	1.41	2.16	1.75	1 59	2.17	1.79	1.35	1.65	1.68
99	2.26	2.05	1.47	1.57	1.15	2.30	1.42	0.99	1.10	1.25	1.51	2.28

Keitum

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
						8^a						
90	1.55	1.98	1.50	0.96	1.50	1.49	1.27	1.27	0.97	2.48	1.54	2.02
91	2.30	1.63	1.55	1.24	1.58	1.46	1.43	1.48	1.36	1.61	2.71	2.13
92	1.84	1.69	1.17	1.45	1.83	1.46	1.18	1.28	1.46	1.59	1.93	1.86
93	3.27	2.31	1.40	1.54	1.29	1.89	1.69	1.21	1.45	1 93	2.61	2.11
94	1.73	1.80	0.92	1.18	1.87	1.32	1.12	0.86	1.30	2 03	1.51	1.97
95	1.50	2.11	1.70	1.39	1.61	2.05	1.36	1.31	1.53	1.96	1.53	1.50
96	1.09	1.63	1.53	0.87	1.33	1.79	1.82	0.96	1.40	1.44	2.02	1.54
97	1.85	2.13	1.07	0.99	1.58	2.10	1.26	0.95	1.34	1.51	2.46	1.47
98	1.83	1.20	1.29	0.98	1.22	1.26	1.20	1.54	1.40	1.53	1.93	2.16
99	1.91	2.21	2.38	1.50	1.50	1.56	1.85	0.93	1.55	1.79	2.23	2.38
						2^p						
90	1.48	1.51	1.90	1.05	2.73	1.87	1.50	1.80	1.04	1.80	1.87	1.82
91	2.06	1.53	1.83	1.43	2.81	2.16	2.23	1.85	1.53	1.41	2.22	1.78
92	2.06	1.70	1.46	2.01	2.41	2.20	1.94	2.00	1.49	1.65	2.10	2.31
93	2.94	2.20	1.43	2.61	1.76	2.39	1.98	2.53	1.50	1.68	2.12	1.78
94	1.81	1.55	1.30	2.54	2.34	1.95	1.84	1.32	1.40	1.90	1.61	2.06
95	1.72	1.77	1.60	3.02	2.63	3.22	1.62	2.08	1.81	1.65	1.44	1.41
96	1.41	1.81	1.99	1.63	2.62	2.77	2.70	2.14	1.65	1.41	1.68	1.63
97	1.75	1.30	1.70	2.47	2.48	3.30	1.97	2.46	1.26	1.66	1.86	1.42
98	1.63	1.43	1.27	1.86	2.17	2.13	1.91	2.42	2.17	1.41	1.66	2.10
99	1.89	2.29	1.92	1.87	1.96	2.64	2.23	1.74	1.20	1.56	1.44	2.54
						8^p						
90	1.55	1.18	1.48	1.01	2.18	1.35	1.38	0.93	1.18	2.07	1.80	2.03
91	2.00	1.37	1.32	1.18	2.14	1.98	1.71	1.19	1.38	1.66	1.65	2.08
92	1.67	1.78	1.31	1.64	2.58	1.98	1.45	1.50	1.57	1.47	1.67	2.29
93	2.27	1.97	1.62	2.20	1.88	1.98	1.54	1.78	1.37	1.76	1.81	1.66
94	1.60	1.12	1.04	1.94	2.23	1.23	1.50	1.07	0.97	2.04	1.69	1.87
95	1.63	2.16	1.50	2.29	2.35	2.62	1.55	1.35	1.69	1.57	1.79	1.27
96	1.69	1.27	1.75	0.95	1.56	2.88	2.50	1.28	1.05	1.58	1.88	1.58
97	1.55	1.71	1.39	1.81	2.91	3.18	1.56	2.00	1.80	1.56	2.47	1.55
98	1.37	1.74	1.33	1.27	1.89	1.81	1.84	1.69	1.87	0.86	2.13	1.75
99	1.97	2.34	1.91	1.90	1.85	2.64	1.84	1.67	1.18	1.37	1.65	2.59

Digitized by Google

Wilhelmshaven

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
						8ª						
1890	2.48	1.64	1.90	1 19	1.46	1.85	1.59	1.55	1.19	2.26	2.64	2.33
91	2.89	1.72	1.79	0.91	2.11	1.76	1.67	1.03	1.66	1.99	1.89	2.94
92	2.46	1.51	1.25	1.40	2.28	1.66	1.90	2.05	2.01	1.80	2.27	2.52
93	3.11	2.47	2.43	1.92	1.15	1.80	1.52	1.42	1.89	2.18	2.62	2.57
94	2 58	2.89	1.78	1.47	1.68	1.59	1.58	1.03	0.98	1.70	2.56	1.68
95	2.02	2.97	1.91	1.60	1.73	1.96	1.75	1.22	1.85	2.40	2.35	1.92
96	1.96	2.24	1.93	1.48	1.22	2.02	2.08	1.24	1.23	1.94	2.03	1.86
97	1.98	2.54	1.58	1.06	1.63	2.32	1.73	1.19	1.41	1.57	3.25	2.40
98	2.68	1.70	1.23	1.35	1.88	1.80	1.52	1.83	1.66	1.93	2.11	2.49
99	2.83	2.23	2.47	1.65	1.54	1.75	1.61	1.20	1.94	2.36	2.50	2.50
						2ᵖ						
1890	2.28	2.24	2.79	1.75	2.35	2.40	2.70	1.85	1.74	2.18	2.39	1.90
91	2.36	2.17	2.01	1.43	3.24	2.27	2.13	2.06	1.78	2.05	2.31	2.01
92	1.75	2.17	2.10	2.27	2.51	2.72	2.28	2.62	1.88	1.80	2.04	1.61
93	2.52	2.54	2.26	3.23	2.67	1.77	2.31	2.53	1.65	1.63	1.49	1.83
94	1.87	1.80	1.75	2.46	2.46	1.83	2 45	1.88	1.41	1.82	1.71	1.49
95	1.85	1.68	1.99	2.57	2.85	2.41	2.31	2.26	2.24	1.65	2.54	1.71
96	1.74	1.83	2.45	1.88	1.31	3.07	2.52	1.39	1.43	1.84	1.68	1.70
97	1.89	1.79	2.15	2.92	2.60	3.21	2.66	2.37	1.44	1.93	1.86	1.70
98	2.30	1.55	1.54	2.22	2.03	2.76	2.31	2.50	2.28	1.67	1.91	1.85
99	2.72	2.31	2.29	2.62	2.22	2.72	2.52	1.48	2.07	1.73	2.01	1.85
						8ᵖ						
1890	2.39	1.61	2.02	1.29	2.34	1.87	1.39	1.50	1.27	1.77	1.93	1.89
91	2.09	1.85	1.82	1.19	2.25	1.87	1.55	1.58	1.86	1.83	2.01	1.66
92	2.04	2.24	1.53	2.01	2.61	2.65	1.69	2.32	1.75	1.72	1.61	2.05
93	3.22	2.34	2.10	2.23	1.96	1.97	1.80	2.05	1.58	2.03	1.84	2.48
94	2.34	2.13	1.67	2.00	2.15	1.17	1.84	1.73	1.18	1.57	1.97	1.41
95	1.60	2.08	1.55	2.38	2.26	2.08	1.94	1.66	1.80	1.88	2.61	1.85
96	1.43	1.79	2.56	1.50	1.83	2.37	2.29	1.31	1.59	1.81	2.23	1.72
97	1.58	1.94	1.81	2.13	1.99	2.59	1.55	1.95	1.79	1.53	1.96	1.69
98	2.20	1.88	1.33	1.70	1.98	2.24	1.93	2.46	2.35	1.59	1.80	2.25
99	2.64	2.09	2.44	2.31	1.71	1.78	1.47	1.29	1.54	1.95	2.24	2.44

Hamburg

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
						8ª						
1890	2.48	1.66	1.78	1.30	2.15	1.69	1.46	1.37	1.32	2.33	2.40	2.72
91	2.51	1.97	2.08	1.36	1.86	1.78	1.28	1.17	1.67	2.13	2.28	2.43
92	2.50	1.57	1.17	1.73	1.85	2.29	1.74	2.27	2.27	1.83	2.27	2.0
93	3.75	2.57	2.26	2.52	1.59	2.12	1.55	1.56	1.90	2.26	2.75	2.83
94	2.78	2.84	1.76	1.88	1.81	1.31	1.63	0.98	1.85	2.04	2.38	1.75
95	2.81	3.31	2.14	1.91	2.19	2.02	1.62	1.46	1.84	1.86	2.66	2.21
96	2.02	1.92	1.45	1.37	1.20	2.13	2.05	1.15	1.77	2.10	2.21	1.9
97	2.15	2.41	1.66	1.24	2.33	2.52	1.24	1.42	1.68	1.81	3.37	2.2
98	2.77	1.83	1.37	1.36	1.59	1.36	1.49	1.90	2.03	1.83	2.34	2.07
99	2.87	2.45	2.70	2.13	1.63	2.16	1.66	1.64	1.58	2.62	2.89	2.10
						2ᵖ						
1890	2.19	1.49	2.70	1.35	3.09	2.58	2.25	1.65	1.26	2.11	2.44	2.4
91	2.90	1.83	2.40	1.88	3.11	2.01	2.11	1.58	2.00	2.27	2.12	2.0
92	2.00	2.03	1.85	2.57	3.12	3.35	2.19	3.45	1.98	1.83	2.24	2.0
93	3.19	2.51	2.15	2.76	2.31	3.53	2.35	2.46	2.33	1.86	1.88	2.2
94	2.29	1.68	1.72	3.22	2.59	2.47	2.41	1.85	1.36	1.67	1.95	1.3
95	2.28	1.69	2.20	2.81	2.59	3.11	3.23	2.06	2.09	2.32	2.64	1.7
96	1.74	2.16	2.21	1.56	2.31	2.38	2.45	1.95	1.76	1.96	1.49	1.5
97	2.01	1.80	2.27	2.63	3.11	3.10	2.63	2.13	1.61	2.03	2.13	1.9
98	1.99	1.40	1.52	2.17	2.31	3.00	2.33	3.12	2.05	1.79	1.62	1.9
99	2.59	2.36	2.76	2.04	2.31	2.49	2.59	1.97	2.06	2.19	2.44	2.2
						8ᵖ						
1890	2.18	1.64	2.31	1.19	2.13	2.07	1.75	1.50	1.07	2.03	2.28	2.1
91	2.62	1.91	2.02	1.25	2.63	1.71	2.18	1.62	2.11	2.19	2.03	2.0
92	2.49	1.86	1.71	2.49	2.59	2.83	2.42	2.43	1.78	1.93	1.81	2.0
93	3.65	2.30	1.93	2.83	1.73	2.05	2.07	2.30	2.01	1.98	1.83	2.3
94	2.66	2.42	1.65	2.27	1.98	1.77	2.01	1.79	1.29	1.45	1.81	1.6
95	1.88	1.71	1.68	2.46	2.43	2.36	2.08	1.71	2.09	1.90	2.35	1.4
96	1.52	1.83	2.36	1.35	1.63	2.45	2.36	1.32	1.54	1.67	2.05	1.5
97	2.02	2.03	1.41	1.94	2.44	2.97	2.09	2.10	1.61	1.85	2.28	1.4
98	2.19	1.55	1.25	1.77	2.56	2.54	2.25	2.87	1.93	1.62	2.04	2.3
99	2.14	2.01	2.47	2.12	2.24	2.35	1.79	1.32	1.55	1.67	1.78	3.0

Kiel

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
						8ª						
1890	2.36	1.71	1.65	1.17	1.44	1.61	1.59	1.43	1.34	2.48	2.15	1.98
91	2.72	2.03	2.07	1.02	1.71	1.12	1.25	0.82	1.50	1.53	1.60	2.25
92	2.43	1.43	1.05	1.54	1.34	1.88	1.38	1.30	1.90	1.94	1.86	3.24
93	3.61	2.64	2.15	1.90	1.15	1.66	1.35	1.35	1.51	2.17	2.50	2.61
94	2.35	2.52	1.32	1.50	1.76	1.51	1.49	1.07	1.32	1.76	1.83	1.77
95	2.28	3.09	1.79	1.60	1.35	1.99	1.32	1.26	1.37	1.73	2.35	1.71
96	2.02	1.92	1.57	1.31	1.11	1.73	1.84	0.87	1.54	1.74	1.92	1.68
97	2.12	2.63	1.46	1.17	1.42	2.62	1.40	1.01	1.61	1.36	2.40	1.76
98	2.34	1.71	1.32	1.12	1.21	1.81	1.35	1.89	1.84	1.88	2.17	2.55
99	2.58	2.03	2.40	1.98	1.69	2.09	1.70	1.59	1.38	2.39	2.68	2.32
						2ᵖ						
1890	1.70	1.39	2.10	1.25	2.94	1.85	2.03	1.32	1.24	1.68	1.78	1.81
91	2.41	1.72	1.76	1.58	2.55	1.62	1.55	1.56	1.61	1.85	1.66	1.82
92	1.72	1.87	1.70	2.71	2.13	2.40	1.62	2.79	1.86	1.61	1.96	2.04
93	2.78	2.38	2.04	3.13	2.09	2.19	1.88	2.25	1.89	1.35	1.57	2.20
94	2.07	1.52	1.71	2.71	1.98	2.26	2.02	1.71	0.98	1.43	1.72	1.36
95	1.32	1.80	1.70	1.97	2.35	2.63	2.24	1.84	1.93	1.80	2.14	1.66
96	1.63	2.12	1.92	1.33	2.14	2.20	1.97	1.39	1.08	1.57	1.19	1.21
97	1.30	1.95	2.08	2.55	2.18	3.66	1.82	1.95	1.17	1.82	1.96	1.58
98	2.01	1.21	1.29	2.23	2.02	2.12	1.84	2.75	2.19	1.51	1.51	2.26
99	2.03	2.47	2.56	2.14	1.95	2.27	2.05	1.63	1.72	1.42	1 90	2.39
						8ᵖ						
1890	2.23	1.16	1.87	1.20	1.94	1.99	1.75	1.49	1.22	2.07	1.97	2.02
91	2.07	1.53	1.45	0.94	2.02	1.55	1.79	1.64	1.62	1.77	1.99	1.85
92	1.94	1.72	1.42	1.87	2.15	2.35	1.58	2.35	1.88	1.71	1.67	1.88
93	3 47	2.10	1.71	2.18	1.53	1.61	1.25	1 55	1.70	1.98	1.88	1.99
94	2.39	1.79	1.23	1.53	1.45	1.38	1.52	1.50	1.23	1.39	1.76	1.58
95	2.15	2.21	1.74	1.87	1.67	1.70	1.48	1.51	1.69	1.94	2.18	1.61
96	1.46	1.81	1.95	1.39	1.37	1.50	1.82	1.10	1.28	1.64	1.89	1.47
97	1.48	2.56	1.36	1.79	1.67	2.22	1.63	1.82	1 76	1.47	2.58	1.45
98	2.34	2.01	1.39	1.38	1.51	1.89	1.71	2.09	1.99	1.60	1.88	2.37
99	1.92	2.06	2.51	1.95	1.47	1.47	1.17	1.57	1.83	1.65	2.32	3.34

Wustrow

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
						8ª						
1890	2.23	1.76	1.63	1.10	2.09	1.75	1.37	1.17	1.07	2.58	2.50	2.4
91	2.13	1.49	1.57	1.20	1.95	1.43	1.39	1.17	1.21	1.72	2.25	2.2
92	3.03	1.78	1.29	1.07	2.21	2.07	1.18	1.58	1.83	1.85	2.07	2.0
93	5.58	2.34	2.20	1.35	1.57	1.21	1.57	1.10	1.52	1.86	2.34	1.3
94	2.69	1.81	1.07	1.41	1.96	1.39	1.26	0.85	1.11	1 91	2.17	1.9
95	2.15	3.59	1.77	1.69	1.56	2.22	1.49	1.28	1.51	1.92	2.15	1.9
96	1.88	1.32	1.26	1.08	1.23	1.39	1.51	0.98	1.51	1.83	2.57	2.1
97	1.78	3.42	1.67	1.54	1.48	2.21	1.01	1.30	1.66	1.47	2.30	1.3
98	1.87	1.84	1.23	1.20	2.06	1 54	0.90	1.94	1.65	1.86	2.24	2.4
99	2.06	2.35	2.22	1.74	2.13	1.95	1.19	1.41	1.40	2.22	2.33	2.2
						2ᵖ						
1890	1.80	1.08	2.64	1.07	3.89	1.96	2.37	1.39	1.48	2.24	1.96	2.0
91	2.02	1.30	1.67	2.04	2.67	2.44	2.37	1.75	1.81	1.57	1.93	1.7
92	2.10	1.55	1.94	3.16	2.75	2.69	1.63	3.24	1.98	1.58	1.82	2.2
93	3.61	2.16	1.57	2.23	2.20	1.80	1.84	2.00	1.83	1.39	1.60	2.0
94	2.48	1.12	1.69	3.35	2.78	1.74	2.33	1.49	1.17	1.23	1.63	1.4
95	1.82	2.11	1.54	2.79	2.40	2.91	2.02	2.25	1.61	1.82	1.84	1.5
96	1.29	1.63	2.15	1.32	1.44	2.53	2.18	1.23	1.30	1.45	1.72	1.4
97	1.29	2.45	2.35	2.24	2.11	3.63	2.21	2.05	1.65	1.58	1.54	1.7
98	1.75	1.35	1.33	2.04	2.57	2.14	1.86	2.44	1.96	1.59	1.42	1.9
99	1.92	2.21	2.06	2.03	2.53	2.53	1.70	1.50	2.18	1.97	1.92	2.5
						8ᵖ						
1890	1.81	1.38	1.59	1.12	2.47	1.22	1.08	1.21	0.70	1.91	2.24	3.0
91	2.87	1.26	1.17	1.14	2.00	1.40	1.18	1.48	1.53	1.80	1.80	2.3
92	1.75	1.56	1.46	1.65	1.91	2.08	1.26	1.72	2.03	1.78	1.70	2.3
93	3.92	1.92	1.84	1.63	1.97	1.45	1.39	1.74	1.51	1.54	1.40	1.9
94	2.38	1.19	1.54	1.95	1.93	1.76	1.15	1.27	0.98	1.32	1.04	1.3
95	1.77	2.48	1.52	2.00	1.97	1.60	1.46	1.34	1.37	1.62	2.40	1.4
96	1.53	1.62	1.77	1.58	1.08	1.88	1.40	1.07	1.05	1.64	1.75	1.3
97	1.82	2.78	1.53	2.30	2.00	2.36	1.22	1.18	1.37	1.24	1.85	1.4
98	2.14	1.15	1.11	1.30	1.80	1.68	1.11	2.01	1.41	1.52	1.60	2.3
99	2.17	1.59	1.62	1.75	1.95	1.29	1.22	1.33	1.36	1.83	1.43	3.3

Digitized by Google

Swinemünde

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
8^a												
1890	2.28	1.94	2.20	1.24	2.91	1.72	1.84	1.35	1.32	2.35	2.09	2.66
91	3.78	2.09	2.29	1.07	2.80	2.07	1.67	1.25	1.81	1.77	1.87	2.04
92	2.83	2.15	1.88	1.62	2.18	2.31	1.42	2.08	2.03	1.60	1.68	2.65
93	5.16	3.06	2.79	1.94	1.85	1.69	1.63	1.53	1.90	2.13	2.63	2.37
94	3.12	2.36	1.15	1.78	1 90	2.04	1.72	1.24	1.35	2.28	2.43	1.56
95	2.39	2.86	1.48	1.88	1.74	2.20	1.95	1.62	1.37	1.72	2.26	2.36
96	3.01	1.84	1.58	1.53	1.56	1.74	2.04	1.50	1.13	1.78	2.28	2.02
97	2.42	4.50	1.43	1.89	1.72	2.49	1.16	1.25	1.81	1.34	2.99	1.72
98	2.44	2.82	1.62	1.51	2.37	2.19	1.59	1.96	1.67	2.03	2.15	1.96
99	2.26	1.95	2.66	1.90	2.29	1.62	1.14	1.42	1.18	2.50	3.04	2.93
2^p												
1890	2.04	1.67	3.14	2.30	3.81	2.42	3.39	2.46	1.55	2.52	1.91	2.34
91	3.21	1.51	2.25	1.88	2.17	2.38	2.80	2.35	2.91	1.52	1.77	1.98
92	2.19	2.00	2.28	3.30	3.04	3.93	2.02	3.31	2.44	1.73	1.55	2.22
93	3.67	2.65	3.60	4.15	2.59	2.04	2.01	2.31	2.14	2.13	1.74	2.15
94	2.16	2.13	2.42	2.97	3.17	2.39	1.76	1.51	1.39	1.60	1.99	1.30
95	2.22	1.86	2.10	3.40	2.42	3.33	2.50	2.31	2.88	1.76	1.87	2.18
96	1.64	2.06	2.91	1.99	1.89	2.48	2.11	1.64	1.61	2.07	1.63	1.60
97	2.28	2.70	2.66	2.42	2.50	3.63	2.62	1.86	2.01	1.47	1.97	1.47
98	1.93	1.66	1.91	1.72	3.23	2.05	1.99	3.23	2.63	1.92	1.61	2.24
99	2.31	2.21	3.56	2.24	2.69	2.55	2.05	1.87	2.01	2.09	1.88	2.35
8^p												
1890	2.06	1.61	2.56	1.81	2.80	1.80	2.01	1.73	1.14	2.17	2.62	2.35
91	3.03	1.64	2.00	1.65	1.98	1.39	1.28	1.71	2.39	1.70	2.03	2.18
92	2.06	1.60	1.67	2.77	2.01	2.05	1.48	2.65	2.41	2.08	2.09	2.11
93	4.02	2.55	2.94	2.75	1.86	1.61	1.64	2.03	1.50	2.29	2.13	2.24
94	2.38	1.90	2.05	2.13	2.54	1.79	1.55	1.51	1.31	1.51	1.85	1.66
95	2.68	2.98	1.81	2.44	1.71	2.12	1.83	2.08	1.71	2.03	2.22	2.07
96	2.04	2.30	2.04	1.49	1.50	1.93	1.29	1.33	1.89	1.95	1.88	1.82
97	1.92	3.16	2.52	2.17	2.13	3.16	1.93	1.35	1.82	1 46	1.96	1.63
98	2.82	1.42	1.42	1.66	2.41	1.85	1.31	2.37	2.15	1.98	1.56	2.67
99	2.44	2.48	2.74	1.48	1.96	1.82	1.50	1.79	1.99	2.05	1.83	2.79

Rügenwaldermünde

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
8^a												
1890	1.54	2.46	2.74	1.60	3.03	2.64	2.07	1.61	1.40	1.93	2.38	2.82
91	3.52	1.27	1.75	1.09	1.96	2.57	1.81	1.23	2.00	1.75	2.62	1.87
92	3.74	2.50	2.55	1.41	2.47	2.76	1.61	1.78	2.52	2.47	2.24	2.66
93	4.26	2.69	1.80	1.49	2.04	1.31	1.33	1.99	1.52	1.93	2.27	2.16
94	3.40	2.31	1.08	1.59	1.81	1.55	1.45	1.35	1.84	2.51	2.48	1.64
95	3.11	3.40	1.92	1.69	1.84	1.89	1.72	1.27	1.61	1.93	2.38	2.28
96	2.26	1.62	1.77	1.07	1.12	1.98	1.41	1.45	1.57	1.86	2.27	2.35
97	2.55	3.25	1.64	1.97	2.33	2.34	0.95	1.43	1.93	1.78	2.31	1.75
98	1.89	1.46	1.41	1.13	2.13	1.68	1.27	2.27	1.93	2.34	2.27	2.16
99	2.23	1.89	2.19	1.87	2.74	1.51	1.15	1.47	1.67	2.35	2.08	2.24
2^p												
1890	1.68	1.38	2.32	1.78	4.36	1.66	2.63	2.25	1.01	1.83	2.10	2.38
91	3.19	0.95	2.37	2.04	2.67	2.86	1.68	1.71	2.07	1.91	1.77	1.66
92	2.50	1.77	2.17	2.55	2.77	3.31	2.05	3.56	2.63	1.54	1.89	1.94
93	3.39	1.96	1.49	2.31	3.22	2.12	1.69	2.00	1.80	1.87	2.04	2.05
94	2.31	1.35	1.87	2.85	3.66	1.77	1.99	1.22	1.28	1.43	1.96	1.57
95	2.71	1.70	1.29	3.25	2.85	3.00	2.90	2.09	2.13	1.82	1.57	1.92
96	1.35	1.21	2.52	1.52	1.62	2.72	2.20	1.68	1.53	1.94	1.69	1.66
97	1.95	2.29	2.10	2.98	2.55	3.08	1.46	2.56	1.72	1.73	1.77	1.62
98	1.37	1.32	1.43	2.17	3.36	2.22	1.64	3.10	1.91	1.51	1.82	1.45
99	1.57	1.95	2.61	2.45	3.71	2.37	2.51	1.68	1.64	1.56	1.80	2.13
8^p												
1890	1.55	1.31	2.16	1.85	2.79	1.24	1.92	1.40	1.10	1.60	2.25	3.37
91	3.11	1.09	1.80	1.69	2.05	1.72	1.35	1.22	2.05	2.48	2.05	1.80
92	2.69	1.83	1.30	1.95	1.82	2.54	1.16	2.77	2.49	2.15	2.35	2.52
93	3.60	2.39	1.81	1.82	1.57	1.21	1.20	1.85	2.22	1.69	2.13	2.04
94	2.81	1.71	1.88	1.81	2.13	1.13	1.58	1.13	1.68	2.02	1.95	1.49
95	3.28	2.54	2.09	2.05	2.25	2.25	1.39	1.11	2.10	1.72	2.37	2.39
96	1.90	1.52	2.11	1.20	1.33	1.86	1.51	1.79	1.64	1.46	1.90	2.25
97	2.05	3.39	2.09	1.87	1.84	2.52	1.09	1.40	1.23	1.56	2.10	1.50
98	2.18	1.51	1.17	1.74	2 35	1.71	0.97	1.84	1.61	2.12	1.82	1.89
99	2.14	1.71	2.74	1.60	2.53	2.15	1.37	1.30	1.63	2.25	2.04	2.85

Neufahrwasser

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
8^a												
1890	1.88	1.98	2.02	1.66	2.43	1.43	1.69	1.86	1.09	2.20	2.58	3.85
91	3.67	2.45	2.15	1.15	2.24	1.74	1.59	1.34	1.66	2.15	2.28	2.29
92	3.60	2.69	2.92	1.94	2.71	2.52	1.69	1.84	2.35	2.21	2.01	2.66
93	4.97	3.14	2.45	2.47	2.08	1.75	1.90	1.74	1.37	2.42	1.88	1.55
94	4.45	2.16	1.56	1.40	1.91	1.95	1.51	1.16	1.81	2.01	2.25	1.41
95	3.66	3.28	3.02	2.21	1.86	1.88	1.99	1.57	1.97	2.38	2.62	2.77
96	3.31	2.00	1.48	1.53	2.46	1.53	1.87	1.36	1.48	2.51	2.55	3.45
97	3.13	4.63	2.20	2.02	1.95	2.65	1.50	1.29	2.17	1.75	3.49	2.11
98	2.52	1.61	2.00	1.53	2.10	1.97	1.62	1.34	1.71	2.39	2.05	2.32
99	2.36	2.41	2.65	1.62	1.97	2.04	1.22	1.43	1.38	2.55	3.46	2.93
2^p												
1890	2.05	1.37	2.81	3.45	3.81	2.31	3.43	2.55	1.24	2.52	1.92	3.06
91	2.88	1.46	2.92	1.63	3.44	1.78	2.07	1.96	3.37	2.03	1.90	2.41
92	3.06	1.96	2.06	3.32	3.81	3.26	2.01	4.30	2.67	1.81	1.72	2.61
93	4.33	2.65	2.96	4.29	2.85	1.93	2.70	2.64	2.41	2.68	2.25	1.92
94	3.51	2.24	2.31	2.76	3.03	1.98	2.96	2.49	2.16	1.87	2.16	1.76
95	2.34	2.16	1.97	2.99	2.44	2.72	2.76	3.35	3.05	2.76	1.88	2.54
96	2.03	1.76	3.13	1.64	1.99	2.67	2.49	1.91	1.75	2.25	1.63	1.92
97	2.33	2.69	2.71	3.03	3.18	2.52	1.61	1.73	2.36	1.96	2.08	2.10
98	2.59	1.65	1.97	1.67	3.61	2.84	2.32	3.13	2.54	1.97	2.18	1.80
99	1.83	2.47	3.42	2.53	3.83	2.38	1.74	2.19	1.75	2.06	2.21	2.33
8^p												
1890	1.97	1.74	2.34	2.06	2.03	1.26	1.98	1.65	1.04	2.34	2.48	3.45
91	3.94	1.66	1.95	1.37	2.84	1.79	2.05	1.60	2.41	2.55	2.20	2.46
92	2.85	2.00	1.47	2.37	2.03	2.05	1.59	3.16	2.46	1.94	1.84	2.81
93	4.96	2.98	2.47	3.03	1.68	1.50	1.55	1.63	2.08	2.47	2.23	1.84
94	3.11	2.40	1.94	1.83	2.02	1.30	1.87	1.64	1.72	2.65	2.37	1.64
95	2.54	2.39	1.67	2.36	2.13	1.44	1.77	1.60	2.29	1.89	2.33	3.19
96	2.82	1.92	2.56	1.63	2.03	2.31	1.70	1.69	2.23	2.07	2.27	2.75
97	2.44	3.26	1.94	2.00	2.11	2.26	1.25	1.73	2.31	1.50	2.99	2.62
98	2.95	1.65	1.54	1.32	2.55	1.69	1.48	2.24	1.94	1.97	1.86	2.43
99	2.15	1.72	3.23	2.31	2.89	2.38	1.42	1.39	1.77	2.83	2.20	2.49

Memel

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
8^a												
1890	2.23	2.75	1.59	2.58	1.87	1.80	1.96	1.43	1.43	3.20	2.79	3.27
91	2.93	2.23	1.55	1.37	2.44	2.16	1.20	1.15	2.07	2.43	3.43	2.54
92	3.12	2.43	1.65	1.82	2.27	2.10	1.22	1.39	2.13	1.97	2.63	3.33
93	3.51	4.65	2.72	1.05	1.98	1.61	1.41	1.69	1.60	1.83	2.07	1.65
94	2.41	1.75	1.20	1.53	2.35	1.12	0.77	1.81	2.10	2.86	2.55	2.11
95	2.62	3.99	2.39	1.59	1.81	1.87	2.32	1.56	2.18	2.10	2.31	3.54
96	4.52	2.35	1.81	1.26	2 81	1.70	1.27	1.86	1.95	1.88	3.33	3.31
97	3.14	2.94	1.32	1.57	3.18	2.01	1.25	1.21	1.57	2.14	4.19	2.35
98	2.35	1.97	1.62	1.95	2.14	1.98	1.68	1.63	1.24	1.90	1.80	2.52
99	2.41	2.88	3.05	1.32	2.87	2.09	1.78	1.93	1.67	2.43	2.79	3.01
2^p												
1890	1.69	1.45	2.34	4.37	2.89	2.11	3.35	2.66	1.10	1.97	2.14	3.15
91	2.69	1.18	1.53	2.67	3.52	2.39	1.82	1.99	2.15	1.72	2.39	2.07
92	2.23	2.37	1.44	2.06	3.25	2.79	2.55	2.39	2.16	2.07	2.03	2.82
93	2.72	2.93	1.65	1.81	3.02	2.70	2.13	2.30	1.45	2.05	2.36	1.84
94	2.08	1.62	1.45	3.15	2.53	1.51	1.67	1.91	1.61	1.94	2.21	1.61
95	2.10	3.12	1.52	1.38	2.89	2.41	1.96	2.05	1.68	1.83	2.26	2.67
96	2.78	2.36	1.80	1.58	2.02	2.25	1.97	2.06	2.16	1.69	2.33	3.35
97	2.83	2.50	1.75	2.14	3.96	3.21	2.28	1.76	1.68	1.43	2.23	2.06
98	2.36	1.50	1.49	2.26	3.39	2.64	1.92	2.91	1.59	1.55	1.58	2.42
99	1.98	2.03	2.48	2.42	3.95	1.84	2.69	1.58	1.30	1.97	2.06	2.59
8^p												
1890	1.90	1.62	2.25	2.72	2.24	1.51	2.37	2.28	0.96	2.65	2.41	3.33
91	2.74	1.59	1.93	1.62	2.81	2.25	1.64	1.19	2.50	1.74	3.49	1.91
92	3.18	2.34	1.47	2.13	2.99	3.04	1.92	1.82	2.07	1.83	2.26	2.88
93	3.54	3.88	2.05	1.80	2.45	2.52	1.75	2.00	1.54	2.24	2.59	1.97
94	2.47	1.81	1.35	2.39	2.53	2.27	1.44	1.65	2.44	2.11	2.54	1.97
95	2.68	3.18	2.01	1.77	2.17	1.71	1.60	1.44	2.18	2.26	2.13	2.71
96	4.48	1.88	1.61	1.67	2.70	2.21	1.88	1.84	1.44	2.12	2.41	2.95
97	3.20	2.84	1.58	2.15	4.49	2.24	1.54	1.97	1.67	1.82	2.88	2.41
98	2.37	1.62	1.56	1.38	2.62	2.61	1.93	2.23	1.45	1.82	1.88	2.02
99	2.33	1.72	2.15	2.82	3.73	2.49	1.72	1.59	1.47	2.31	2.70	2.44

Digitized by Google

Tab. *B* (cf. § 12).

Prozentzahlen für die Wiederkehr des gleichen Vorzeichens der interdiurnen Temperatur-Aenderungen bei Fortschreiten von einem Beobachtungs-Termin zu einem der beiden folgenden in den Jahren 1890/99.

(Für I. T.-Ä. $\geq +1.5$ bezw. ≤ -1.6 als Ausgangspunkte).

	Borkum		Kiel		Neufahrw.		Borkum		Kiel		Neufahrw.		Borkum		Kiel		Neufahrw
	$+8^a 2^p$	$-8^a 2^p$	$+8^a 2^p$	$-8^a 2^p$	$+8^a 2^p$	$-8^a 2^p$	$+2^p 8^p$	$-2^p 8^p$	$+2^p 8^p$	$-2^p 8^p$	$+2^p 8^p$	$-2^p 8^p$	$+8^a 8^p$	$-8^a 8^p$	$+8^a 8^p$	$-8^a 8^p$	$+8^a 8^p$
Januar	85	89	89	95	87	86	85	90	90	90	81	80	70	73	70	72	73
Februar	91	79	87	72	80	78	82	86	88	87	83	84	78	70	69	61	71
März	79	74	78	74	66	66	79	82	79	71	83	85	56	58	66	57	62
April	79	77	77	73	79	72	84	78	86	80	79	80	59	63	71	69	62
Mai	65	87	84	79	81	75	88	78	83	76	80	84	70	64	73	62	67
Juni	79	82	86	85	80	68	85	86	87	82	83	80	63	73	70	69	73
Juli	75	81	83	79	74	77	87	90	82	85	72	82	67	83	70	71	65
August	67	80	66	70	73	79	81	88	86	88	86	86	63	76	56	57	67
September	56	62	74	74	57	63	83	93	84	78	77	77	47	64	54	57	49
Oktober	78	86	80	73	57	63	69	83	86	86	74	80	52	72	65	68	48
November	88	86	81	96	78	84	75	82	84	81	83	76	67	66	71	73	64
Dezember	85	89	85	95	88	91	78	83	85	86	83	85	66	67	75	70	74
Jahr	78	82	82	82	75	76	82	85	85	83	80	82	64	69	68	66	65

	$+8^p 8^a$	$-8^p 8^a$	$+8^p 8^a$	$-8^p 8^a$	$+8^p 8^a$	$-8^p 8^a$	$+8^p 2^p$	$-8^p 2^p$	$+8^p 2^p$	$-8^p 2^p$	$+8^p 2^p$	$-8^p 2^p$	$+2^p 8^a$	$-2^p 8^a$	$+2^p 8^a$	$-2^p 8^a$	$+2^p 8^a$
Januar	70	78	68	67	61	67	51	63	54	60	57	49	52	60	53	51	42
Februar	75	81	73	68	71	69	70	64	57	56	59	46	59	64	62	57	47
März	79	85	75	79	74	68	70	54	61	67	51	47	63	67	61	65	61
April	72	67	71	71	82	77	45	51	57	48	52	50	67	54	57	65	69
Mai	64	71	70	75	67	56	52	52	56	60	57	57	59	54	53	53	55
Juni	69	68	73	65	74	79	51	52	59	53	53	45	57	50	56	51	63
Juli	71	80	74	71	61	63	50	41	62	56	52	45	62	63	58	59	58
August	62	72	79	73	64	68	43	56	41	41	37	45	55	60	62	65	60
September	73	72	81	83	72	73	42	38	51	62	44	44	59	71	65	70	61
Oktober	88	81	77	78	63	73	64	64	59	62	44	51	57	60	51	69	62
November	64	73	62	71	72	74	55	57	48	71	65	67	42	56	46	48	51
Dezember	67	66	74	69	70	69	51	60	58	59	61	60	43	50	49	47	51
Jahr	71	74	73	72	69	70	54	55	55	58	53	51	56	59	56	58	57

	$\pm 8^a 2^p$	$\pm 8^a 8^p$	$\pm 8^a 2^p$	$\pm 8^a 8^p$	$\pm 8^a 2^p$	$\pm 8^a 8^p$	$\pm 2^p 8^p$	$\pm 2^p 8^a$	$\pm 2^p 8^p$	$\pm 2^p 8^a$	$\pm 2^p 8^p$	$\pm 2^p 8^a$	$\pm 8^p 8^a$	$\pm 8^p 2^p$	$\pm 8^p 8^a$	$\pm 8^p 2^p$	$\pm 8^p 8^a$
Januar	87	72	92	71	87	71	87	56	90	52	81	49	74	57	67	57	64
Februar	85	74	80	65	79	68	84	61	87	60	83	53	78	67	70	56	70
März	76	57	76	62	66	62	81	65	76	63	84	57	82	63	77	64	71
April	78	60	75	70	76	60	81	61	83	61	79	64	70	48	71	53	80
Mai	74	68	82	68	78	67	83	57	80	53	82	54	67	52	72	58	62
Juni	80	68	86	70	75	69	86	54	85	54	81	63	68	51	70	57	76
Juli	78	74	81	71	75	67	88	63	84	58	77	58	75	46	73	59	62
August	73	69	68	57	76	74	84	58	87	64	86	63	67	49	76	41	66
September	59	55	74	56	60	54	87	64	81	67	77	60	73	40	82	57	72
Oktober	82	63	76	67	61	55	75	59	86	61	78	64	84	64	78	61	69
November	87	66	89	72	81	68	78	49	83	47	79	55	69	56	67	60	73
Dezember	87	66	90	73	89	76	81	47	86	48	84	54	66	56	71	59	70
Jahr	80	67	82	67	76	66	83	58	84	57	81	58	72	54	73	57	69

Digitized by Google

Tab. C_1 (cf. § 13). **Interdiurne Temperatur-Aenderungen 1890/99.**

Borkum.

		0.0	>−10	−10	−9	−8	−7	−6	−5	−4	−3	−2	−1	0	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7	+8	+9	+10	>+10
8^a	Januar	14	.	.	.	.	1	4	7	13	19	38	45	58	44	29	29	10	9	2	.	1	.	.	1
	Februar	6	.	.	.	.	.	2	4	7	14	39	58	45	48	28	17	14	3	2	.	1	.	.	.
	März	14	.	.	.	.	.	.	1	6	8	38	54	76	66	38	10	8	3	1	.	1	.	.	.
	April	14	.	.	.	.	1	1	1	5	9	26	57	76	61	42	10	6	4	1	.	.	.	.	.
	Mai	11	.	.	.	1	.	2	4	1	13	32	51	81	51	40	23	8	1	.	1	.	1	.	.
	Juni	9	.	.	.	.	3	1	3	7	19	38	37	55	56	38	29	11	3	.	.	.	.	.	.
	Juli	15	.	.	.	.	.	1	3	5	16	28	57	73	58	47	14	5	2	1	.	.	.	.	.
	August	15	.	.	.	.	.	1	.	4	11	33	68	85	54	35	16	3	.	.	.	.	.	.	.
	September	13	.	.	.	.	.	.	.	3	7	32	69	88	58	31	12	.	.	.	.	.	.	.	.
	Oktober	10	1	.	.	.	.	1	7	9	20	36	54	76	43	32	17	5	4	4	.	.	.	.	1
	November	9	.	.	.	2	.	1	3	14	26	41	52	43	42	31	20	14	3	3	5	.	.	.	.
	Dezember	13	.	.	.	.	3	4	7	11	26	37	45	54	36	39	26	9	6	3	4	.	.	.	.
	Jahr	143	1	.	.	3	8	18	40	85	188	418	647	810	617	430	223	93	38	17	10	3	1	.	2
2^p	Januar	8	.	.	.	.	1	4	2	6	20	44	60	57	43	23	27	13	6	1	3	.	.	.	.
	Februar	7	.	.	.	.	.	1	3	8	15	31	48	56	59	30	16	9	3	3	.	.	.	.	.
	März	5	.	.	2	1	1	1	3	8	18	32	39	68	64	32	22	14	4	.	1	.	.	.	.
	April	11	1	.	.	2	2	3	10	5	14	31	41	68	48	32	16	11	6	6	1	2	.	.	1
	Mai	5	.	.	2	3	3	2	7	6	19	37	37	58	46	33	21	8	11	6	5	2	3	.	1
	Juni	4	3	.	3	3	2	3	10	11	16	27	46	48	40	25	19	20	10	5	8	1	.	.	.
	Juli	7	1	1	1	2	2	2	9	10	22	29	50	46	43	45	23	9	4	8	1	1	.	.	1
	August	2	.	1	1	4	.	3	5	7	21	33	44	61	52	32	26	8	7	1	3	.	1	.	.
	September	8	.	.	1	2	2	3	2	9	13	24	52	67	55	43	16	6	2	2	1	.	.	.	.
	Oktober	15	.	.	.	1	1	2	9	6	18	33	58	76	52	27	17	5	1	4	.	.	.	.	.
	November	7	.	.	.	1	1	2	4	7	19	43	43	70	43	34	19	4	7	2	1	.	.	.	.
	Dezember	8	.	.	.	.	3	2	5	8	24	28	65	55	46	36	25	6	2	2	1	2	.	.	.
	Jahr	87	5	2	10	19	18	28	69	91	219	392	583	730	591	392	247	113	63	40	25	8	4	.	3
8^p	Januar	8	.	.	1	.	.	3	3	9	20	37	55	62	53	28	17	6	7	9	.	.	.	.	.
	Februar	10	.	.	.	.	.	2	3	10	17	27	51	48	64	31	14	10	3	1	1	.	.	.	.
	März	16	.	.	.	.	.	2	.	6	13	33	55	72	62	44	14	8	1	.	.	.	.	.	.
	April	10	.	.	.	.	.	1	4	5	15	20	58	82	51	35	16	6	5	1	1	.	.	.	.
	Mai	7	.	.	.	.	1	3	8	9	15	29	42	65	55	38	23	7	7	4	2	2	.	.	.
	Juni	7	.	.	.	.	3	4	2	11	20	31	42	59	45	43	14	16	6	4	.	.	.	.	.
	Juli	10	.	.	.	.	1	2	3	10	8	30	61	68	61	38	19	7	1	1	.	.	.	.	.
	August	16	.	.	.	.	2	2	3	6	8	33	56	83	61	30	18	4	3	1	.	.	.	.	.
	September	18	.	.	.	.	1	2	3	3	12	26	54	92	62	30	9	3	2	1	.	.	.	.	.
	Oktober	16	.	.	.	.	.	.	6	6	20	27	78	70	53	30	9	7	2	1	1	.	.	.	.
	November	13	.	.	.	1	1	1	.	14	21	32	68	53	42	29	16	12	7	1	1	.	.	.	1
	Dezember	11	.	.	.	1	.	2	8	6	25	35	52	53	65	30	17	10	2	2	2	.	.	.	.
	Jahr	142	.	.	1	2	9	24	43	95	194	360	672	807	674	406	186	96	46	26	8	2	.	.	1

Digitized by Google

Tab. C_2 (cf. § 13).

Interdiurne Temperatur-Aenderungen 1890/99.

Kiel.

		0.0	> -10	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7	+8	+9	+10	>+10
8^a	Januar	4	.	.	.	1	5	6	12	16	24	34	31	46	38	36	24	12	11	6	5	.	1	.	2
	Februar	5	.	.	.	1	1	3	8	11	29	27	36	51	37	30	21	10	6	5	3	2	1	.	.
	März	7	.	.	.	1	.	2	6	5	20	27	55	57	64	33	18	13	7	2	.	.	.	.	.
	April	6	.	.	.	.	.	.	2	5	13	31	46	75	66	27	20	9	5	1	.	.	.	.	.
	Mai	5	.	.	.	.	.	.	1	8	16	28	51	78	61	32	21	8	5	1	.	.	.	.	.
	Juni	6	.	.	.	.	1	.	9	14	10	28	49	48	65	40	17	9	7	2	1	.	.	.	.
	Juli	3	.	.	.	1	.	1	1	5	19	29	61	70	59	34	19	7	3	1	.	.	.	.	.
	August	4	.	.	.	.	2	.	2	4	17	22	54	86	82	22	13	5	.	1	.	.	.	.	.
	September	7	.	.	.	.	.	1	4	8	23	29	55	67	52	28	23	8	2	.	.	.	.	.	.
	Oktober	8	.	.	.	.	.	.	6	19	31	38	46	55	50	27	16	7	8	2	4	.	.	1	.
	November	11	.	.	.	3	2	1	12	7	29	31	41	64	35	21	22	11	9	7	3	2	.	.	.
	Dezember	10	.	1	.	2	3	4	8	11	29	33	39	54	46	28	24	11	7	5	1	1	1	1	1
	Jahr	76	.	1	.	9	14	18	71	113	260	357	564	751	655	358	238	110	70	33	17	5	3	2	3
2^p	Januar	6	.	.	.	1	.	2	5	9	27	33	50	63	42	35	20	9	6	5	.	1	2	.	.
	Februar	4	.	1	.	1	1	1	3	11	19	33	40	55	44	30	26	10	5	.	1	1	.	.	.
	März	6	.	.	1	.	1	4	6	8	13	32	49	51	49	46	23	19	5	3	.	.	.	.	.
	April	7	.	1	.	1	3	5	5	8	29	28	27	45	54	32	32	20	5	3	1	1	.	.	.
	Mai	9	.	.	2	1	2	4	5	18	22	22	43	42	59	22	31	20	6	8	1	.	2	.	.
	Juni	3	.	3	1	2	2	2	9	10	26	28	30	42	45	34	33	21	3	5	4	.	.	.	.
	Juli	4	.	1	.	.	3	4	5	11	20	31	39	51	55	51	24	11	1	3	.	.	.	.	.
	August	14	.	.	1	2	1	4	5	11	24	30	39	60	52	42	22	6	5	3	3	.	.	.	.
	September	6	.	.	.	.	1	2	6	12	16	23	46	72	54	39	20	9	.	.	.	.	.	.	.
	Oktober	8	.	.	.	1	.	.	3	9	28	37	56	67	52	26	18	7	3	2	1	.	.	.	.
	November	6	.	.	.	.	2	1	1	10	17	49	56	61	40	30	17	6	4	1	1	4	.	.	.
	Dezember	5	.	.	.	1	1	1	7	9	18	44	53	55	53	24	25	11	3	3	.	1	1	.	.
	Jahr	78	.	6	5	10	17	30	60	126	259	390	528	664	599	411	291	149	46	36	12	8	5	.	.
8^p	Januar	6	.	.	1	1	1	5	8	13	18	38	45	52	50	31	19	9	6	4	3	.	2	2	2
	Februar	5	.	.	.	.	1	3	7	8	19	39	35	49	44	34	25	11	4	2	.	.	1	.	.
	März	13	.	.	.	.	1	1	5	10	13	33	50	66	62	30	21	9	6	2	1	.	.	.	.
	April	8	.	.	.	.	.	2	3	9	16	26	43	61	64	41	17	10	8	.	.	.	.	.	.
	Mai	10	.	.	.	.	2	4	5	5	17	30	28	75	63	40	23	10	6	.	1	1	.	.	.
	Juni	9	.	.	.	1	2	5	3	7	19	23	36	70	53	30	31	14	6			.	.	.	.
	Juli	6	.	.	.	.	1	3	5	7	14	32	50	67	58	40	24	7	2	.	.	.	.	.	.
	August	7	.	.	.	.	.	1	6	15	13	39	42	61	63	42	18	7	.	2	1	.	.	.	.
	September	9	.	.	.	.	1	1	5	11	21	27	47	66	53	36	17	13	2	.	.	.	.	.	.
	Oktober	9	.	.	.	.	.	3	3	17	19	37	58	63	49	26	19	7	3	5	1	.	.	.	.
	November	8	.	.	.	.	1	2	7	16	27	30	52	46	46	34	10	17	4	2	3	2	1	.	.
	Dezember	3	.	.	.	1	1	4	10	8	20	36	52	63	38	23	34	8	6	2	1	.	1	2	.
	Jahr	93	.	.	1	3	11	34	67	126	216	390	538	739	643	407	258	122	53	19	11	3	5	4	2

Digitized by Google

Tab. C_3 (cf. § 13).

Interdiurne Temperatur-Aenderungen 1890/99.

Neufahrwasser.

		0.0	> -10	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7	+8	+9	+10	>+10
	Januar	7	5	.	1	4	6	4	16	17	24	32	38	40	24	24	19	13	12	6	4	7	2	3	9
	Februar	6	2	2	1	1	3	8	8	11	20	33	34	45	35	30	12	11	9	3	3	3	1	4	3
	März	4	.	1	2	4	3	2	5	9	23	25	42	59	50	30	19	9	16	4	2	1	1	2	1
	April	7	.	.	.	1	1	1	5	6	17	27	47	62	57	33	17	12	7	7	.	.	.	.	.
	Mai	4	.	.	1	1	4	4	11	11	15	32	38	50	47	43	25	11	10	2	4	.	.	.	1
	Juni	11	.	.	1	1	.	6	7	6	14	30	40	60	42	42	21	17	8	3	1	1	.	.	.
8^a	Juli	7	.	.	.	2	.	2	3	9	17	32	59	55	51	51	18	8	3	.	.	.	.	.	.
	August	6	.	.	.	.	.	4	4	3	20	32	55	69	60	41	13	7	2	.	.	.	.	.	.
	September	8	.	1	.	.	.	3	7	6	20	31	60	50	59	35	14	6	6	1	.	1	.	.	.
	Oktober	4	.	.	1	.	1	2	15	18	28	36	40	43	42	33	22	16	5	5	2	.	1	.	.
	November	4	1	1	4	1	3	2	7	17	26	31	53	38	35	25	17	15	11	2	1	2	7	1	.
	Dezember	9	1	2	3	.	6	6	12	11	22	28	49	51	39	32	17	4	8	6	3	2	2	1	5
	Jahr	77	9	7	14	15	27	44	100	124	246	369	555	622	541	419	214	129	97	39	20	17	14	11	19
	Januar	5	1	.	2	4	4	11	2	20	17	34	33	50	35	32	21	10	10	8	4	4	5	1	2
	Februar	6	.	.	1	.	1	5	8	10	18	26	47	51	51	23	16	10	3	5	2	2	2	1	.
	März	9	1	1	2	5	3	3	12	10	19	28	40	42	39	35	19	21	9	10	6	3	1	1	.
	April	4	2	1	2	3	2	9	11	12	15	25	39	41	35	30	23	17	16	6	7	3	1	.	.
	Mai	8	5	3	3	4	4	8	10	18	19	20	36	32	36	28	28	17	13	6	9	2	5	2	2
	Juni	4	1	3	.	1	4	7	3	13	16	26	34	50	38	39	23	20	11	3	4	3	1	.	.
2^p	Juli	6	3	.	.	2	6	3	10	12	20	23	48	45	42	41	20	16	9	2	2	2	1	1	2
	August	9	2	1	4	2	1	9	12	19	11	27	38	49	38	35	21	15	8	8	2	4	4	.	.
	September	6	2	.	2	3	7	2	6	13	21	22	43	48	38	35	30	15	7	1	3	.	1	.	1
	Oktober	5	.	1	2	2	1	2	14	10	22	38	46	50	40	27	22	21	7	2	2	1	.	.	.
	November	11	1	.	.	2	1	4	7	11	19	31	60	49	40	33	21	10	4	5	1	1	.	.	.
	Dezember	9	1	.	.	2	5	5	7	14	20	37	42	58	41	30	13	15	7	6	1	3	1	1	1
	Jahr	82	19	10	18	30	39	68	102	162	217	337	506	565	473	388	257	187	104	62	43	28	22	7	8
	Januar	7	3	1	5	1	3	7	6	18	19	41	32	38	30	33	26	15	8	4	4	5	4	3	4
	Februar	8	1	.	.	1	1	5	6	17	19	28	43	55	38	28	13	9	5	3	3	2	3	.	2
	März	9	.	1	1	2	4	.	3	10	15	42	45	56	49	25	15	20	11	4	4	2	1	.	.
	April	7	.	.	2	.	.	4	6	10	22	26	49	56	38	34	23	13	6	9	2	.	.	.	.
	Mai	8	1	.	1	2	1	4	8	11	18	36	44	51	41	38	22	11	9	3	6	1	.	1	1
	Juni	14	.	1	.	.	2	4	6	10	12	18	47	64	59	32	22	16	4	1	2	.	.	.	.
8^p	Juli	10	.	.	.	.	.	3	4	15	15	30	48	67	53	38	20	11	2	2	2	.	.	.	.
	August	6	.	.	1	.	3	2	6	10	20	34	49	49	55	49	16	7	7	.	1	1	.	.	.
	September	8	.	.	1	.	2	4	11	13	23	23	44	59	41	33	24	12	6	1	2	.	1	.	.
	Oktober	10	.	.	1	.	4	5	9	16	27	38	42	52	41	24	19	15	8	4	3	1	.	.	1
	November	7	1	1	.	1	4	1	14	13	18	39	41	42	40	36	17	15	12	2	1	1	1	.	.
	Dezember	9	1	2	2	4	3	7	8	10	26	35	33	53	46	20	20	13	7	10	5	1	2	.	2
	Jahr	103	7	6	14	11	27	46	87	153	234	390	517	642	531	390	237	157	85	43	35	14	12	4	10

Digitized by Google

Tab. *D* (cf. § 14). **Häufigkeit und Länge von Perioden interdiurnen Steigens oder Sinkens der Temperatur 1890/99.**

	A. Erwärmung															*B.* Abkühlung													
	8^a					2^p					8^p					8^a					2^p					8^p				
	2	3	4	5	>5	2	3	4	5	>5	2	3	4	5	>5	2	3	4	5	>5	2	3	4	5	>5	2	3	4	5	>5
																a) **Borkum.**														
Januar	28	6	2	2	—	19	7	5	2	—	26	10	5	0	—	25	13	2	2	—	39	8	7	0	1 (7)	26	8	2	3	3 (6,6,7)
Februar	21	7	4	0	1 (6)	18	8	6	0	3 (6,6,7)	17	5	7	1	1 (7)	20	12	2	3	—	23	9	2	2	—	23	7	4	1	—
März .	18	9	4	0	2 (6)	19	14	7	3	2 (6)	20	8	6	4	—	24	7	4	0	1 (6)	23	11	3	0	—	21	5	5	0	—
April .	27	14	4	0	—	27	11	3	1	2 (6,7)	26	8	3	1	1 (7)	19	6	4	3	1 (7)	23	9	3	1	—	24	9	3	1	—
Mai . .	23	14	5	1	2 (6,7)	26	11	3	2	—	31	11	4	2	—	21	7	4	1	1 (6)	31	7	4	2	—	29	9	3	0	—
Juni .	14	12	6	0	3 (6)	22	8	5	0	3 (6,6,7)	29	10	4	3	—	20	5	6	1	—	22	10	2	2	—	19	14	3	0	—
Juli . .	22	14	1	1	—	31	8	4	1	1 (6)	18	14	3	1	1 (6)	27	8	5	1	—	27	12	0	0	—	29	10	5	2	—
August	19	8	3	1	—	24	11	2	2	1 (6)	24	10	3	3	—	21	7	6	0	1 (6)	28	12	3	1	1 (6)	23	11	3	2	—
Septbr.	12	14	2	2	—	19	17	4	0	1 (8)	24	11	1	0	—	37	6	2	1	1 (7)	29	7	4	0	—	30	9	3	1	—
Oktbr.	23	8	1	0	—	22	9	4	0	1 (6)	14	12	2	1	—	21	15	3	5	1 (6)	24	13	6	0	1 (6)	18	16	6	0	2 (6,8)
Novbr.	17	10	3	1	—	15	14	3	0	—	17	9	3	1	—	24	12	5	1	2 (6)	25	10	6	2	—	22	11	5	2	3 (6,6,7)
Dezbr.	28	7	1	1	—	27	8	3	1	—	23	12	3	0	—	23	15	1	1	1 (6)	24	7	3	4	2 (6)	25	12	2	1	1 (6)
Jahr . .	252	123	36	9	8 (7×6, 1×7)	269	126	49	12	14 (10×6, 3×7, 1×8)	269	120	44	17	3 (1×6, 2×7)	282	113	44	19	9 (7×6, 2×7)	318	115	43	14	5 (4×6, 1×7)	289	121	44	13	9 (6×6, 2×7, 1×8)
																b) **Kiel.**														
Januar	21	15	4	1	—	24	9	5	1	—	28	8	4	0	—	33	3	2	4	1 (6)	36	3	4	1	2 (6, 10)	30	11	2	0	2 (6, 7)
Februar	22	10	3	0	1 (7)	13	8	8	1	2 (6, 7)	19	8	4	2	1 (7)	25	7	2	3	—	24	7	5	1	—	22	9	2	1	1 (6)
März . .	27	11	1	3	—	22	11	5	4	1 (7)	26	15	2	1	1 (6)	20	10	2	1	—	20	10	4	2	—	18	9	4	1	—
April .	21	10	6	3	1 (7)	26	11	9	0	3 (6,6,7)	27	11	6	0	4 (2×6, 2×7)	28	9	3	0	—	20	9	3	0	—	21	9	2	0	1 (6)
Mai . . .	23	11	4	2	2 (6, 7)	27	8	6	3	—	29	14	6	2	—	23	5	5	2	—	28	4	4	1	—	20	7	3	1	—
Juni .	23	12	6	1	1 (6)	25	12	4	1	4 (6)	21	14	3	3	1 (6)	21	5	4	1	—	24	7	2	1	—	22	4	4	2	—
Juli .	14	10	7	5	2 (6)	20	11	6	6	—	22	10	8	1	1 (6)	23	14	3	1	1 (6)	24	8	1	2	—	21	14	3	1	1 (6)
August	30	9	3	2	1 (7)	27	10	2	1	2 (6)	25	12	2	1	1 (7)	16	13	2	2	—	22	6	4	2	—	20	6	2	1	—
Septbr.	23	12	2	0	—	28	11	3	1	—	25	10	5	0	—	27	15	3	0	—	27	13	4	2	—	27	14	1	0	1 (6)
Oktbr. .	25	10	1	0	1 (6)	23	13	3	2	—	17	8	3	2	—	25	11	5	3	—	18	13	7	4	1 (6)	20	11	6	2	2 (6)
Novbr. .	28	6	3	0	—	19	11	1	1	—	24	9	3	0	—	18	7	6	4	1 (6)	23	13	7	2	3 (6,6,7)	21	12	7	3	—
Dezbr. .	33	5	2	2	—	26	10	2	2	—	22	13	2	1	—	25	10	4	0	1 (6)	19	12	6	3	1 (6)	22	16	5	3	—
Jahr .	290	121	42	19	9 (5×6, 4×7)	280	125	54	23	12 (9×6, 3×7)	285	132	48	13	9 (5×6, 4×7)	284	109	41	21	4 (6)	285	105	51	21	7 (5× 6, 1× 7, 1×10)	264	122	41	15	8 (7×6, 1×7)
																c) **Neufahrwasser.**														
Januar	26	10	2	0	—	22	7	5	3	—	26	6	5	0	1 (6)	31	11	2	3	2 (6, 7)	25	11	4	0	—	21	11	4	0	—
Februar	22	5	4	1	—	22	8	5	1	—	22	8	8	0	—	22	11	3	1	1 (7)	23	8	5	2	—	18	9	6	3	—
März .	29	7	3	1	4 (6)	24	12	7	1	1 (6)	24	13	1	3	—	21	7	4	0	—	22	6	3	2	1 (6)	20	7	2	2	1 (6)
April . .	21	11	5	1	4 (6,6,7,8)	29	8	1	3	1 (6)	26	9	2	1	3 (6,6,8)	21	9	0	1	1 (7)	24	14	2	0	—	17	9	3	1	1 (6)
Mai . . .	24	10	9	2	—	27	13	5	1	1 (6)	28	10	4	2	1 (6)	21	11	4	0	—	23	12	6	0	—	27	14	2	0	—
Juni . .	18	13	3	2	1 (6)	29	11	5	1	1 (7)	34	11	3	0	1 (6)	15	7	4	2	—	19	12	0	1	—	21	8	4	1	—
Juli . .	20	12	6	3	1 (6)	24	12	7	1	1 (7)	24	11	3	0	—	27	10	3	0	1 (6)	24	8	5	1	—	27	7	2	1	1 (6)
August	27	8	4	0	—	17	11	8	—	—	20	13	5	1	—	24	16	5	0	—	22	14	2	1	—	22	13	3	0	—
Septbr.	20	4	6	3	—	24	15	1	2	1 (6)	23	9	0	2	2 (6, 7)	27	8	5	1	—	20	10	3	1	1 (6)	22	10	2	1	—
Oktbr.	25	9	2	0	—	23	11	3	1	—	21	5	2	1	—	37	8	2	1	—	25	11	2	1	3 (6,7,8)	28	9	5	2	—
Novbr. .	27	8	3	0	—	21	10	6	1	—	25	8	3	1	1 (6)	25	12	5	4	1 (6)	21	12	5	3	1 (6)	29	12	4	2	1 (6)
Dezbr.	16	11	7	2	1 (6)	15	11	5	2	—	20	8	5	2	1 (6)	22	10	6	3	—	25	11	4	3	2 (6)	27	9	5	1	1 (6)
Jahr .	275	108	54	15	11 (9×6, 1×7, 1×8)	277	129	58	17	6 (4×6, 2×7)	293	111	41	13	10 (8×6, 1×7, 1×8)	293	120	43	16	6 (3×6, 3×7)	273	129	41	15	8 (6×6, 1×7, 1×8)	279	118	42	14	5 (6)

Digitized by Google

Tab. *E* (cf. § 16).

Die vom Zufall geforderte Häufigkeit (α) von Perioden bestimmter Länge (n) anhaltenden interdiurnen Steigens oder Sinkens der Temperatur und ihr Ueberschuss (Δ) über die beobachteten Werthe

für den Zeitraum 1890/99.

Länge der Periode (n)	Borkum								Kiel								Neufahrwasser							
	März bis Juni				Oktober bis Januar				März bis Juni				Oktober bis Januar				März bis Juni				Oktober bis Januar			
	Steigen		Sinken		Steigen		Sinken		Steigen		Sinken		Steigen		Sinken		Steigen		Sinken		Steigen		Sinken	
	α	Δ	α	Δ	α	Δ	α	Δ	α	Δ	α	Δ	α	Δ	α	Δ	α	Δ	α	Δ	α	Δ	α	Δ
a) 8h a. m.																								
1	150	−37	166	−25	170	−38	147	−32	145	−37	165	−43	164	−27	152	−35	143	−31	167	−51	167	−19	146	−13
2	76	− 6	75	− 9	75	−21	77	−16	76	−18	75	−17	76	−31	77	−24	76	−16	75	− 3	76	−18	77	−38
3	39	−10	34	+ 9	33	+ 2	40	−15	40	− 4	34	+ 5	36	0	39	+ 8	40	− 1	33	− 1	34	− 4	40	− 1
4	20	+ 1	15	− 3	14	+ 7	21	+10	21	+ 4	16	+ 2	17	+ 7	20	+ 3	21	+ 1	15	+ 3	16	+ 2	21	+ 6
5	10	+ 9	7	+ 2	6	+ 2	11	+ 2	11	+ 2	7	+ 3	8	+ 5	10	− 1	11	+ 5	7	+ 4	7	+ 5	11	0
6	5	− 1	3	+ 1	3	+ 3	6	+ 2	6	+ 4	3	+ 3	4	+ 3	5	+ 2	6	− 1	3	+ 3	3	+ 2	6	+ 4
7	3	+ 2	1	0	1	+ 1	3	+ 3	3	+ 1	1	+ 1	2	+ 2	3	+ 3	3	+ 2	1	0	1	+ 1	3	+ 2
8	1	+ 1	0.6	+ 0.6	0.5	+ 0.5	1	+ 1	2	+ 2	0.7	+ 0.7	0.8	+ 0.8	1	+ 1	2	+ 1	0.6	+ 0.6	0.7	+ 0.7	2	+ 2
9	0.7	+ 0.7	–	–	–	–	0.8	+ 0.8	0.8	+ 0.8	–	–	–	–	0.6	+ 0.6	0.9	+ 0.9	–	–	–	–	0.8	+ 0.8
10	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0.5	+ 0.5	–	–	–	–	–	–
b) 2h p. m.																								
1	147	−19	164	−17	168	−23	148	−11	139	−12	170	−16	168	+ 5	143	− 4	147	−10	164	−24	163	−24	152	−10
2	76	−18	76	−23	75	− 8	77	−35	75	−25	74	−18	75	−17	76	−20	76	−33	75	−13	76	− 5	77	−19
3	39	− 5	35	− 2	34	− 4	40	+ 2	41	− 1	32	+ 2	34	− 9	41	0	40	− 4	35	− 9	36	− 3	39	− 6
4	20	+ 2	16	+ 4	15	0	21	− 1	22	− 2	14	+ 1	15	+ 4	22	− 2	21	+ 3	16	+ 5	17	− 2	20	+ 5
5	11	+ 5	7	+ 2	7	+ 4	11	+ 5	12	+ 4	6	+ 2	7	+ 1	11	+ 1	11	+ 5	7	+ 4	8	+ 1	10	+ 3
6	6	+ 1	3	+ 3	3	+ 2	6	+ 3	7	+ 1	3	+ 3	3	+ 3	6	+ 1	6	+ 3	3	+ 2	4	+ 4	5	+ 1
7	3	+ 1	2	+ 2	1	+ 1	3	+ 2	4	+ 2	1	+ 1	1	+ 1	3	+ 2	3	+ 2	2	+ 2	2	+ 2	3	+ 2
8	1	+ 1	0.7	+ 0.7	0.6	+ 0.6	2	+ 2	2	+ 2	0.5	+ 0.5	0.6	+ 0.6	2	+ 2	1	+ 1	0.7	+ 0.7	0.8	+ 0.8	1	0
9	0.7	+ 0.7	–	–	–	–	0.8	+ 0.8	1	+ 1	–	–	–	–	0.9	+ 0.9	0.8	+ 0.8	–	–	–	–	0.6	+ 0.6
10	–	–	–	–	–	–	–	–	0.6	+ 0.6	–	–	–	–	0.5	− 0.5	–	–	–	–	–	–	–	–
c) 8h p. m.																								
1	150	−22	164	−38	170	−22	148	−20	141	−14	171	−26	168	−26	145	−25	149	−21	165	−32	164	−43	151	−34
2	76	−30	76	−18	75	− 5	77	−14	76	−27	73	− 8	75	−16	77	−16	76	−36	75	−10	76	−16	77	−28
3	39	+ 2	35	− 2	33	−10	40	− 7	41	−13	31	+ 2	34	− 4	40	−10	39	− 4	34	− 4	35	+ 8	39	− 2
4	20	+ 3	16	+ 2	15	+ 2	21	+ 6	22	+ 5	13	0	15	+ 3	21	+ 1	20	+10	16	+ 5	16	+ 1	20	+ 2
5	10	0	7	+ 6	6	+ 4	11	+ 5	12	+ 6	6	+ 2	7	+ 4	11	+ 3	10	+ 4	7	+ 3	8	+ 4	10	+ 5
6	5	+ 5	3	+ 3	3	+ 3	6	0	6	+ 2	2	+ 1	3	+ 3	6	+ 3	5	+ 1	3	+ 1	3	0	5	+ 3
7	3	+ 2	2	+ 2	1	+ 1	3	+ 1	3	+ 1	1	+ 1	1	+ 1	3	+ 2	3	+ 3	1	+ 1	2	+ 2	3	+ 3
8	1	+ 1	0.7	+ 0.7	0.5	+ 0.5	1	0	2	+ 2	0.5	+ 0.5	0.6	0.6	2	+ 2	1	0	0.7	+ 0.7	0.7	+ 0.7	1	+ 1
9	0.6	+ 0.6	–	–	–	–	0.8	+ 0.8	1	+ 1	–	–	–	–	0.9	+ 0.9	0.7	+ 0.7	–	–	–	–	0.7	+ 0.7
10	–	–	–	–	–	–	–	–	0.5	+ 0.5	–	–	–	–	0.5	+ 0.5	–	–	–	–	–	–	–	–

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

AUS DEM
ARCHIV DER DEUTSCHEN SEEWARTE.
XXIII. Jahrgang 1900.
Herausgegeben von der Direktion der Seewarte.

No. 6.

Die meteorologischen Ursachen der Hochwasser-Katastrophen in den mitteleuropäischen Gebirgsländern.

Vortrag

vor den Abtheilungen für Geographie und für Meteorologie der Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte zu München 1899,

gehalten von **Wilhelm Krebs** (Barr).

HAMBURG, 1900.

Gedruckt bei Hammerich & Lesser in Altona.

Digitized by Google

Digitized by Google

No. 6.

Die meteorologischen Ursachen der Hochwasser-Katastrophen in den mitteleuropäischen Gebirgsländern.

Vortrag vor den Abtheilungen für Geographie und für Meteorologie der Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte zu München 1899,
gehalten von **Wilhelm Krebs** (Barr).

Die Gebirgshochwasser des September 1899, die infolge der grossen Brückeneinstürze im Isargebiet sehr eindrucksvolle Spuren hinterlassen haben, besassen eine ungewöhnlich grosse Ausdehnung im deutsch-österreichischen Binnenlande. Sie zeigten aber wieder den seit 1888 an ähnlichen Gebirgshochwassern beobachteten Zusammenhang mit einer Depression des Luftdrucks über dem südöstlichen Mitteleuropa. Diese ist im Folgenden als typische Depression bezeichnet.

Am 12. und 13. September 1899 verharrte ihr Minimum zwischen Breslau und Krakau ungefähr an derselben Stelle (Karten 4 u. 5). Diesem Stillstande entsprach das Anhalten schwerer Niederschläge an jenen beiden Tagen. Auf Station München wurde am Morgen des 13. September eine Regenhöhe von 95, am Morgen des 14. September eine Regenhöhe von 74 Millimetern gemessen, nachdem vom 8. bis 12. September schon 87 Millimeter gesammelt waren. Auf Station Chemnitz wurden an den beiden Haupttagen 56 Millimeter, an den 5 vorhergehenden Tagen 42 Millimeter, auf Station Breslau am 13. und 14. September zusammen 32, vom 9. bis 12. September 20 Millimeter gemessen. Diese den Wetterberichten der Seewarte entnommenen Werthe können aber nur als Signale der eingetretenen Hochwassergefahr gelten. Die ausschlaggebenden Niederschlagsmengen fallen in höheren Gebirgslagen und müssen auf einen mehrfachen Betrag geschätzt werden.[1])

Die Langsamkeit, mit der sich Hochwasserdepressionen bewegen, ist gelegentlich älterer Untersuchungen schon aufgefallen.[2]) Von Hellmann[3]) und von Kassner[4]) wurde ausschliesslicher Werth auf Ort und Richtung gelegt. Ein schlagendes Beispiel dafür bietet die über zwanzig Jahre (1876 bis 1895) ausgedehnte Untersuchung Kassner's, welche darauf ausging, aus einer Statistik solcher Depressionen — „VB-Depressionen", wie sie nach der gleichnamigen Zugstrasse van Bebber's von Kassner auch bezeichnet werden — eine Grundlage für die von Keller[5]) angeregten Hochwasserwarnungen zu finden. Diese Statistik lieferte für jene zwanzig Jahre nicht weniger als 224 typisch sein sollende Depressionen, eine Anzahl, mit der die Anzahl der Hochwasser glücklicherweise ganz ausser Vergleich steht. Hellmann und Kassner mussten demzufolge darauf verzichten, auf dem rein statistischen Wege eine Grundlage für Hochwasserwarnungen zu finden.

Die VB-Depressionen Kassner's zeigen für das deutsche Binnenland nichts weiter an als das anfängliche Auftreten ozeanischer Luftströmungen aus dem nordwestlichen Quadranten. Bei der im allgemeinen diesen Strömungen gleichgerichteten Steigung des mitteleuropäischen Gebiets müssen von ihnen Niederschläge besonders an den Nordabhängen der Gebirge veranlasst werden. Aber erst der Stillstand einzelner solcher Depressionen bringt einen ersten Grund dafür bei, dass jene Niederschläge ungewöhnlich stark sind.

In unmittelbarer Folge der sächsischen und schlesischen Hochwasser von Ende Juli 1887 wurde die statistische Nachforschung vertieft durch physikalisch-meteorologische Untersuchung. Durch diese wurde nicht allein ein Einblick in den inneren Zusammenhang des für Hochwasser-Depressionen maassgebenden Stillstandes, sondern auch ein neuer Grund für ihre spezifische Wirksamkeit erschlossen.

Es handelte sich um zwei Erklärungsversuche für das Zustandekommen typischer Depressionen. Beide Versuche kamen auf die Grundanschauung einer durch Interferenz veranlassten Summation hinaus. Der eine

Digitized by Google

ist in der Berliner Wochenschrift „Die Kritik“ d. d. 7. August 1897 vom unterzeichneten Verfasser selbst.[6]) der andere im Septemberheft der „Annalen der Hydrographie und maritimen Meteorologie“, 1897, von dem Assistenten der Seewarte E. Herrmann[7]) veröffentlicht.

Die typische Depression ist auf den Morgenkarten des 30. und 31. Juli 1897 mit ihrem Minimum wieder ungefähr zwischen Breslau und Krakau, nur wenig südlicher, zu finden (Karten 9 u. 10). Aber schon am 29. Juli lag ein ausgeprägtes Minimum des Luftdrucks unweit südöstlich der letzteren Station. Am 30. und 31. Juli wurden auf Station Chemnitz zusammen 117, auf Station Grünberg 67, auf Station Breslau 57 Millimeter Niederschlagshöhe gemessen, während vom 28. Juli an, für die zwei vorhergehenden Tage, Breslau schon 31 Millimeter gesammelt hatte. Also wieder war mit dem Stillstand der Depression ergiebiger Niederschlag verbunden.

Ich ging bei meiner Erklärung von dem Vorhandensein je eines nach Ostnordosten fortschreitenden nordischen und südländischen Depressionsgebietes aus. Soweit ihre Minima am 27. Juli für den Längenbereich Mitteleuropas in Betracht kamen, lagen sie einerseits nördlich der Nordsee, andererseits südlich der Alpen (Karte 6). Es sei gestattet, die weiteren Ausführungen wörtlich wiederzugeben.

„Das westliche Deutschland hatte schon am Sonntag-Nachmittag (sc. 25. Juli 1897) unter reichlichen Gewitterregen zu leiden gehabt, Hamburg und die Stationen in seinem Längenbereiche in der folgenden Nacht. Die Gewitterrinnen des nordischen Depressionsgebietes verflachten sich aber bei ihrem Fortschreiten über Deutschland. Erst als das südländische Depressionsgebiet mit seinen Ausstrahlungen zu Hülfe kam, wurde auch das östliche Deutschland mit schweren Niederschlägen überschüttet. Es stellte sich seit 28. Juli wieder eine Depression mit ihrem Kerne ungefähr über Galizien ein. Offensichtlich verdankte der Luftdruck seine dort bedeutende Auflockerung dem früher berichteten interferenzartigen Zusammenwirken der von nördlicher und südlicher Richtung einander begegnenden Rinnen, welches bis dahin durch die höhere Wetterscheide der Alpen vereitelt worden war.“

Herrmann erklärte das Zustandekommen der typischen Depression aus dem Vorhandensein zweier Zonen oder Linien niederen Druckes, von denen die eine über das östliche Mitteleuropa von „Nord nach Süd“ (S. 387—388) oder „den Meridianen entlang“ (S. 390), die andere nördlich der Alpen dem Aequator parallel verlief. An der Kreuzungsstelle dieser Linien sollte nach Herrmann das am Hochwasser schuldige Minimum deshalb in volle Wirkung getreten sein, weil, der letzteren Linie folgend, kleine Depressionen in die meridionale Druckrinne einfielen, ihren Einfluss auf das Zustandekommen aufsteigender Luftströme mit demjenigen dieser Luftrinne summirten und überdies noch darin durch die aus der Windrichtung her aufsteigenden Hänge der dortigen Mittelgebirge gefördert wurden.

Auf Grund dieser Anschauung Herrmann's kann der Stillstand der typischen Depression als eine Folge mehrerer, nach einander in die meridionale Druckrinne einfallenden kleinen Depressionen erklärt werden. Von Herrmann selbst ist dieser Schluss aber nicht ausdrücklich gezogen. H. begnügt sich vielmehr mit dem Nachweis, dass vom 27. Juli an zwei kleine Depressionen sich von Frankreich aus nach Ostnordosten und dass ferner vom 28. an eine kleine Depression sich von Nordwestdeutschland (Westfalen) aus nach Ostsüdosten verfolgen lassen (Karten 6 u. 7). Wo die letztere Depression in die meridionale Druckrinne einfiel, da vertiefte sich diese zu dem unweit südöstlich Krakau gelegenen Minimum vom 29. Juli (Karte 8). Im Uebrigen beschränkt sich H. auf die Vermuthung, dass „wohl auch zeitweise noch mehrere über gleichem Gebiete zusammentrafen“ (sc. kleine Depressionen).

Aber noch ein anderer Umstand lässt die Summation von Depressionen als ungemein förderlich für den Niederschlagsreichthum erkennen. Wie ich besonders an Depressionen nachgewiesen habe, die aus nördlicher Richtung über Europa hereinbrechend, im Winter eine Epoche erhöhter Strenge einzuleiten pflegen, so darf man jeder Depression mit ihrem Wirbelsystem eine hervorragende Bedeutung als Transportmittel der Luftmassen beimessen.[8]) Es ist klar, dass Depressionen ozeanischer Herkunft, wenn sie sich selbst an irgend einer Stelle summiren, auch den mitgebrachten Gehalt der Luft an Feuchtigkeit summiren müssen.

Diesen Vorgang kann man als Summation der Ozeanität bezeichnen. Besonders wirksam muss er sein, wenn die beiderlei Depressionen von verschiedenen und verschieden temperirten Meeresgebieten herkommen, zumal, wenn der Lufttransport aus einem wärmeren Meeresgebiet nach höheren Breiten stattfindet.

Dieser Voraussetzung entspricht diejenige besondere Art der Summation, welche ich selbst meiner Erklärung für das Zustandekommen der typischen Hochwasser-Depressionen zu Grunde gelegt habe. An Neu-

Digitized by Google

bildungen ähnlichen Charakters ist öfters beobachtet worden, dass sie sich dort einstellen, wo zwei Rinnen niederen Druckes einander kreuzen. Die Neubildungen kann man deshalb als Interferenz-Depressionen bezeichnen. Die Rinnen niederen Druckes, in ausgeprägtester Form bekannt als V-Depressionen, lignes de grain, Böenrinnen, Gewittersäcke u. dgl., sind von Ley, Abercrombey, Köppen und nach ihnen von Durand-Greville[9]) beschrieben worden. Durand-Greville nahm für sie noch eine gleichmässig nach einer, und zwar nach östlicher Richtung verlaufende Zugbahn an. Nach meiner seither vielfach bestätigten Meinung ist das nur die in Mittel- und Westeuropa gewöhnlichste Richtung, veranlasst durch die meist im Norden nach östlicher Richtung vorbeiziehenden Depressionen. Vielmehr umkreisen die Druckrinnen in zyklonaler Richtung die Depression, von welcher sie ausstrahlen.

Handelt es sich dabei um eine nordische und eine südländische Depression, von denen diese nach Norden, jene nach Süden eine Rinne aussendet, so laufen diese Druckrinnen in entgegengesetzter Richtung, die nordische nach östlicher, die südländische nach westlicher Richtung. Für die aus ihnen entstehende Interferenz-Depression müssen diese entgegengesetzten Impulse einander aufheben. Sie muss schon aus diesem Grunde einen verhältnissmässigen Stillstand zeigen. Der Stillstand kann noch dadurch eine mehrtägige Ausdehnung erfahren, dass durch beiderseits nachfolgende neue Druckrinnen, an derselben günstigsten Stelle grösster gegenseitiger Nähe der Mutter-Minima, der Summationsvorgang eine Zeit lang immer wieder erneuert wird. Im Blick darauf kann ich es unternehmen, alle von Herrmann angeführten Thatsachen für meine vorher veröffentlichte besondere Anschauung nutzbar zu machen.

Die meridionale Druckrinne Herrmann's vom 27. Juli kommt im wesentlichen auf einen nach Norden gerichteten Ausläufer des südlichen Depressionsgebietes hinaus.

Die von Westeuropa her in sie einfallenden kleinen Depressionen Herrmann's sind nach Süden ausstrahlende Druckrinnen oder Theildepressionen der nordischen Depression. Hierfür ist noch ein besonderer Beweis aus Herrmann's eigenen Karten zu entnehmen. Auf derjenigen vom 27. Juli morgens sind die Bahnen der kleinen Depressionen eingetragen, die von diesem Tage an über Europa nördlich der Alpen hinzogen (Karte 6), ausserdem aber die Bahn der ungefähr um 20 Stunden ihnen folgenden kleinen Depression, die von Herrmann mit der Hochwasserdepression in ursächlichen Zusammenhang gebracht wird (Karte 7). Die ersteren Bahnen sind nach Ostnordosten, die letztere ist nach Ostsüdosten gerichet. Thatsächlich entsprechen sie also nicht einer bestimmten, einige Zeit bleibenden Linie niederen Druckes, vielmehr stehen sie ganz und gar unter dem zyklonalen Einfluss des im hohen Norden vorüberziehenden Hauptminimums. Am Morgen des 27. Juli lag dasselbe nördlich der Shetland-Inseln (Karte 6), am Morgen des 28. Juli über Lappland (Karte 7). Die „kleinen Depressionen" vom 27. und 28. entsprachen also, auch der Aenderung ihrer Bahn gemäss, echten Theildepressionen (Karten 6, 7, 8); am ersteren Tage befanden sie sich noch an der Vorderseite, am letzteren schon an der Rückseite der Hauptdepression.

Der von Herrmann geführte Nachweis endlich, dass die südländischen, von Oberitalien aus heranziehenden Minima vom 27. Juli und den folgenden Tagen eine Wendung nach Norden nicht erkennen liessen, vielmehr wesentlich ostwärts weitergingen (Karte 6), spricht lediglich gegen die alte, auf statistischer Grundlage errichtete Theorie der VB-Depressionen und widerlegt nicht die Wahrscheinlichkeit, dass dieses südländische Depressionsgebiet, wie andere Depressionen auch, Rinnen niederen Druckes nach Norden ausstrahlen liess. In dieser Hinsicht kann sogar die Zunge höheren Druckes, die nach Vorübergang eines solchen Minimums am 29. Juli sich über dem Savegebiet einstellte (Karte 8), nicht als zweifelloses Signal für den Abschluss des Summationsgebietes von demjenigen der südländischen Minima gelten. Denn schon auf der Luftdruckkarte vom Morgen des 30. Juli ist sie nicht mehr nachzuweisen (Karte 9), und kann auch vorher aus zufälliger und vorübergehender Summation der den Druckrinnen folgenden Streifen höheren Druckes erklärt werden.

Ausser diesen Verhältnissen bei Gelegenheit des Hochwassers von Ende Juli 1897 hat Herrmann zu Gunsten seiner Erklärung auch diejenigen aufgeführt, die das Hochwasserunglück in Würtemberg ganz zu Anfang desselben Monats herbeiführten. Nur lag nach H. die meridionale Linie niederen Druckes westlicher, erstreckte sich am 30. Juni morgens vom mittleren Norwegen nach dem westlichen Mittelmeer (Karte 11). Wieder sollten kleine Depressionen, in diese einfallend, die auch nach anderen Richtungen hin verhängnissvollen Gewittererscheinungen vom 30. Juni/1. Juli 1897 veranlasst haben.

Diese im wesentlichen auf einen kleinen Theil des südwestlichen Deutschlands beschränkten Erscheinungen lassen die durch ihre weit östlichere Lage charakterisirte typische Hochwasser-Depression nicht er-

Digitized by Google

kennen (Karte 12). Sie sind demnach meteorologische Erscheinungen anderer Ordnung. Trotzdem ergeben die Luftdruckkarten vom Morgen des 30. Juni an einen Aufschluss, der mit meiner Annahme sogar in besserem Einklang steht als mit der eigenen Herrmann's (Karten 11—14).

An dem verhängnissreichen Morgen des 1. Juli lag eine flache Depression über Ost-Frankreich und Süd-Deutschland, eingeschaltet zwischen zwei mächtigen Depressionen, einer nordischen, deren Hauptminimum über dem Botnischen Meerbusen oder vielleicht noch nördlicher, einer südländischen, deren Minimum wenig östlich der Balearen zu finden war (Karte 12). Am vorhergehenden Morgen, des 30. Juni, lag das nordische Minimum über dem mittleren Norwegen, das südländische westlich der Balearen (Karte 11). Der meridionale Streifen niederen Drucks bestand überhaupt nur am Morgen des 30. Juni, auch hier mit einer ziemlich starken Abweichung nach Südwesten hin. Er war demnach nichts weiter als ein Ausdruck der gegenseitigen Verbindung, in welche das nordische und das südländische Depressionsgebiet durch die beiderseits ausstrahlenden Druckrinnen traten. Dass diese Verbindung thatsächlich eine ganz vorübergehende Erscheinung war, in dieser Annahme bestärken die Luftdruckkarten der folgenden Morgen (Karten 13 und 14). Die nordische Depression eilte der südländischen weit voraus und wurde von ihr vollständig durch einen breiter und breiter werdenden Streifen hohen Druckes geschieden.

Deutet schon dieses Zerreissen des scheinbaren meridionalen Streifens niederen Druckes vom 30. Juni 1897 direkt auf seine thatsächliche Zusammensetzung aus Druckrinnen eines nordischen und eines südländischen Depressionsgebietes, so muss die Nothwendigkeit dieses Streifens für die Erklärung des Entstehens typischer Hochwasserdepressionen als gänzlich beseitigt gelten nach den Luftdruckverhältnissen, die mit den Hochwasserkatastrophen vom September 1899 in Zusammenhang standen. Die Hochwasser-Depression war an den Morgen des 12. und des 13. September an der typischen Stelle mit ihrem Minimum zwischen Breslau und Krakau zu finden, wie bereits in der Einleitung erwähnt (Karten 4 u. 5).

Verfolgt man die Luftdruckverhältnisse zurück auf den Karten bis zum Morgen des 9. September (Karten 1—3), so ist überhaupt kein Kartenbild zu finden, das auch nur für die Möglichkeit der Entstehung jener typischen Depression durch Einfallen kleiner Depressionen in einen meridionalen Streifen niederen Druckes spräche. Vielmehr machten sich vom 9. September an zwei Depressionsgebiete im Norden und im Süden Mitteleuropas bemerkbar, deren Minima an diesem Tage sich morgens an der mittleren norwegischen Küste und im westlichen Theile des Meerbusens von Genua befanden (Karte 1). Diese Minima verlagerten sich an den folgenden Tagen wesentlich nach südöstlicher Richtung, das nordische mehr nach Süden, das südländische etwas mehr nach Osten (Karten 2 u. 3) Auf der Luftdruckkarte vom Morgen des 11. September (Karte 3) zeigt die südländische Depression, deren Minimum bis zur südlichen Adria gelangt ist, eine Erweiterung nach Nordosten. Man würde diese Erweiterung als eine einfache Druckrinne der südländischen Depression ansprechen, wenn sie nicht ein sehr bedeutendes Theilminimum enthielte. Die nordische Depression ist als selbständiges Gebilde verschwunden. Das Theilminimum der südländischen liegt aber unweit der Stelle, an der jene in die Druckrinne dieser südländischen Depression einfallen musste, behielt sie anders die an den vorhergehenden Tagen beobachtete Bewegung und Richtung bei.

Diese Stelle ist allerdings noch südöstlich des für die Hochwasserdepression typischen Ortes gelegen. Aber an der Hand der Luftdruckkarten der Seewarte für Nachmittag und Abend des 11. September lässt sich die Verlagerung des Theilminimums über Krakau nach Nordwesten verfolgen, bis zu der Stelle, die von dem typischen Hochwasser-Minimum am 12. und 13. September eingenommen wurde (Karten 4 u. 5). Auf der Luftdruckkarte vom 12. September (Karte 4) sind die Etappen dieser Verlagerung eingetragen.

Es kann beim Studium dieser Karten ein Zweifel daran nicht bleiben, dass die typische Hochwasser-Depression vom 12. u. 13. September 1899 entstanden ist durch Summation des Minimums einer nordischen Depression mit einer von einer südländischen ausstrahlenden Druckrinne. Sehr augenfällig tritt bei ihr entgegen, dass sie langsamer und langsamer der zyklonalen Bewegung dieser Druckrinne folgte, bis sie an den beiden verhängnissvollen Tagen zu nahezu vollständigem Stillstand gelangte. Die Geschwindigkeit ihrer Verlagerung lässt sich mit aller wünschenswerthen Sicherheit feststellen, da sie in stark nördlicher Richtung in einem Gebiet nahezu gleicher Beobachtungszeiten stattfand. Die Berechnung ergiebt

für		7^a—2^p	am	11.	September	durchschnittlich	10.3	m	pr. Sekunde
»		2^p—9^p	»	11.	»	»	5.4	»	» »
»	9^p	am 11.—7^a	»	12.	»	»	2.8	»	» »
»	7^a	» 12.—7^a	»	13.	»	»	1.2	»	» »

Digitized by Google

Die Geschwindigkeit der Verlagerung zeigte eine geradezu gesetzmässige Abnahme und kam schliesslich vollkommenem Stillstand gleich. Das Hochwasserminimum macht den Eindruck eines Wirbels, der sich von seiner Entstehungsstelle loslöste und mit abnehmender Grösse und Geschwindigkeit der Richtung folgte, die aus den Bewegungen der ihn erzeugenden Erscheinungen resultirte.

Es sei mir gestattet die Gründe für die Richtigkeit meiner Ansicht über die typischen Hochwasserdepressionen nochmals kurz zusammenzufassen.

1) Der durch jene Ansicht erklärte Stillstand dieser Depression lässt die Ursache des Anhaltens der Niederschläge erkennen.

2) Die durch jene Ansicht erklärte Summation der Ozeanität zweier Depressionsgebiete von verschiedener Herkunft lässt die ausserordentliche Stärke der Niederschläge begreiflich erscheinen.

3) Meine Annahme steht nirgends in Widerspruch mit den etwas später von Herrmann für seine besondere Ansicht angeführten Thatsachen. Sie erscheint vielmehr besser geeignet zur Erklärung des Entstehens der Hochwasser-Depressionen von Ende Juni und Ende Juli 1897. Die grosse Verwandtschaft beider selbständig entwickelten Anschauungen bürgt für die Richtigkeit des gemeinsamen Grundgedankens: Entstehung der neuen, sehr niederschlagsreichen Depression durch Summation negativer Druckabweichungen.

4) Meine Annahme erklärt die Lage der typischen Hochwasserdepressionen im Nordosten des Alpengebietes.

5) Sie erhält eine für die Richtigkeit ihrer geophysischen Grundlage schlagende Bestätigung durch die Entstehung der Depression der Wetterkatastrophen vom 30. Juni und 1. Juli 1897 im Nordosten des Pyrenäengebietes.

Der fünfte Grund hat einen besonderen Wert deshalb, weil die ihm unterliegenden Thatsachen nach zwei Richtungen sehr deutlich die wetterscheidende Wirkung der hohen Kettengebirge auch in Bezug auf Luftdruck erkennen lassen.

Diese wetterscheidende Wirkung betrifft sogar in erster Linie die Luftdruckverhältnisse. Maassgebend sind für deren wirksame Trennung natürlich nur die niedrigsten Passhöhen. Die niedrigsten Pässe liegen in den Pyrenäen noch etwas höher als in den Alpen. Die Mittelpyrenäen sinken beim Somport nur bis 1632 m Meereshöhe, 1400—1500 m relativer Höhe über dem mittleren Ebrothal, während die Mittelalpen beim Brenner auf 1370 m Meereshöhe, etwa 1350 m relativer Höhe über dem mittleren Pothal herabsteigen. Es würde wunderbar erscheinen, würden sich nordöstlich der Pyrenäen den typischen Hochwasserdepressionen, nordöstlich der Alpen, analoge Erscheinungen nicht eingestellt haben. Die mit den Wetterkatastrophen von Ende Juni 1897 verbundenen meteorologischen Vorgänge füllen in dieser Hinsicht eine Lücke aus.

Aber auch in anderer Hinsicht sind sie für die wetterscheidende Natur der Hochgebirge sehr lehrreich. Es war vor dem westlichen Alpenflügel, dass der südländischen Depression mit ihrer nach Norden ausgestreckten Druckrinne ein Halt geboten, und dass so der scheinbare meridionale Streifen niederen Druckes zerrissen wurde (Karten 13 u. 14).

Die wetterscheidende Natur der Hochgebirge kommt also auch auf eine Scheidung der Luftdruckverhältnisse hinaus. Diese besondere Art der Scheidung kann für die Erklärung der Herkunft der südländischen Depression sehr grosse Wichtigkeit erlangen. Allerdings ist die Frage noch keineswegs spruchreif, nicht so sehr wegen der Kürze der vorhandenen Beobachtungsreihen, als weil dem Verfasser für die vorliegende Abhandlung als Material wesentlich nur die Wetterberichte der Deutschen Seewarte zur Verfügung standen. Ich beschränke mich, auf zwei Umstände nur hinzuweisen, die aber vielleicht beide dabei zur Wirkung gelangen.

Auf den Luftdruckkarten des 27. Juli 1897 (Karte 6) und der vorhergehenden Tage tritt es sehr augenfällig entgegen, besonders wenn die Isobaren anstatt von 5 zu 5, von 1 zu 1 mm genau ausgezogen werden, dass die südländische Depression im Bereiche einer Rinne niederen Druckes liegt, die von der nordischen nach Süden ausstrahlt. Dem würde auch die Abweichung in der Richtung entsprechen, die die nach Herrmann eingetragenen Bahnen der südländischen Minima erkennen lassen. Dasjenige dieser Minima, von welchem am 27. Juli die Adria überschritten wurde, schlug eine Richtung mehr nach Ostnordosten, dasjenige, von dem die Adria in der folgenden Nacht überschritten wurde, mehr nach Ost zu Süd ein. Immerhin trat dieser Richtungsunterschied, der durchaus dem zyklonalen Einfluss des nach Osten hin fortschreitenden nordischen Minimums entsprach, wesentlich erst im Osten der Alpen hervor. Aber Das würde nicht daran hindern, in dem südländischen Minimum einen durch die wetterscheidende Alpenkette abgeschnürten Theil der nordischen

Digitized by Google

Depressionsrinne zu erblicken, der in den mehr als 1300 m tiefen, abgeschlossenen Luftsee Obertaliens zu einer selbständigen Depression entwickelt wurde. Die Fortsetzung der mächtigen Gewitterrinne, von der am 27. August 1890 das nördliche und mittlere Europa durchquert wurde, bis nach Oberitalien hinein, ist von Durand-Greville direkt nachgewiesen worden.[9]) Solche Verhältnisse können aber nur von besonders mächtigen, mit ihrem zyklonalen Einfluss bis in hohe Schichten der Atmosphäre reichenden Depressionen erwartet werden.

Eine andere Erklärung für das Auftreten tiefer Depressionen südlich der Alpen und ähnlich gelegener Kettengebirge, wie Himalaya, Kaukasus und vor allem auch Pyrenäen, wird durch Brandungserscheinungen der unteren Atmosphäre infolge stürmischer Oberströmungen aus südöstlicher Richtung geliefert. Einzelne Einflüsse dieser Art habe ich von Himalaya-Hindukusch für Nordindien[10]) und von den Alpen für Nord-Italien nachgewiesen.[11])

Es ist klar, dass solche Untersuchungen, über die Herkunft des wichtigen Faktors der südländischen Depressionen, die Prognose von Hochwasser-Katastrophen auf längere Zeit im voraus sichern können. Aber die bisher als ursächlich festgestellten Verhältnisse für das Entstehen der typischen Hochwasser-Depressionen haben schon hingereicht zu Prognosen, aus denen zum mindesten hervorgeht, dass mit dieser Erklärung der richtige Weg eingeschlagen ist.

Diese praktische Probe ist von mir gemacht in Wochenberichten über das Wetter, die ich bis Oktober 1897 der Berliner Wochenschrift „Kritik“ und von Mai 1897 bis jetzt (Herbst 1899) dem Hamburger Fremdenblatt erstattet habe.[12]) In diesen 150 Wochenberichten hatte ich 9 mal Gelegenheit, das Bevorstehen, 10 mal das Schwinden einer Hochwassergefahr im voraus zu signalisiren. In letzterer Hinsicht war niemals, in ersterer nur 3 mal ein Fehlschlag festzustellen, und auch nur insoweit als die Niederschläge nicht wenigstens zu örtlich auftretenden Ueberschwemmungen führten.

Der Versuch verschaffte auch einen weiteren Gesichtspunkt über Hochwassergefahr, welcher zu ihrer meteorologischen Würdigung hinzutrat, ohne freilich der allgemeinen Anschauung an sich etwas Neues zu bieten. Die Hochwassergefahr wird auch bei einer sonst ihr förderlichen meteorologischen Lage gehemmt durch winterliche Kälte. Die Niederschläge fallen in den ihnen am meisten ausgesetzten mittleren Gebirgslagen dann zumeist als Schnee. Sie werden als solcher oder auch infolge des Wiedergefrierens der Thauwasser den Winter über im Gebirge magazinirt. Daher erklärt sich nun aber die besondere Heftigkeit der Winter- oder Frühlings-Hochwasser, die sich bei rasch und umfassend eingetretenem Thauwetter einzustellen pflegen. Beispiele bieten die Ueberschwemmungen der ersten Februarwoche 1898 im Riesengebirge und die der dritten Januarwoche 1899 im Rheingebiet, auf welche schon im vorhergehenden Herbst hingewiesen werden konnte. Solche Prognosen von Schmelz-Hochwassern sind in Bezug auf die Zeit ihres Eintreffens natürlich sehr unbestimmt, können auch durch langsames und allmähliches Eintreten des Thauwetters ganz oder theilweise vereitelt werden.

Jedenfalls weisen sie fast alljährlich auf ein wirksames Mittel hin, der Hochwassergefahr zu begegnen. Was fast in jedem Winter die Kälte leistet, das kann auch Menschenkraft erreichen, durch ein wohlüberlegtes System von Stauwerken.

In den erwähnten Wetterberichten der „Kritik“ war nach den Juli-Hochwassern im August 1897 der Unterzeichnete als Erster zur Stelle mit Vorschlägen in dieser Richtung.[6]) Besonders handelte es sich darum, die systematische Magazinirung durch Stauwerke für die Gebirgswasser durch Rentabilität solcher Werke zu ermöglichen. Wurde in der Folge von Intze und Anderen diese Möglichkeit nach der Richtung der elektrischen Krafterzeugung gesucht, so ist Dem gegenüber auf die Fülle konkurrirender billiger Kraftquellen, auch aus dem Wasser, hinzuweisen (Strömungen, besonders auch Ebbe und Fluth).

Verfasser hält an seiner ursprünglichen Meinung fest, dass die Rentabilität gestauter Gebirgswasser vor Allem nach der Richtung der Wasserversorgung zu suchen sei. Die Gebirgsquellen steigen gegenwärtig in dieser Beziehung sichtlich im Werthe. Wird doch geplant, sogar London, die Hauptstadt des klassischen Landes der Flusswasserversorgung, aus den Bergen von Wales mit einer mehr als 250 Kilometer langen Quellwasserleitung auszustatten.

Vorbedingung zur Magazinirung durch Stau bleibt die vom Vortragenden verfochtene wirklich hydrologische Aufnahme der Gebiete[6]), stete Bedingung ihrer schützenden Funktion die Ausbildung der meteorologischen Hochwasser-Prognose, zu welcher hier ein Beitrag geliefert wurde.

Digitized by Google

Anmerkungen.

1) Die Niederschläge im Riesengebirge erreichten bei Gelegenheit eines früheren Hochwassers, am 30. Juli 1897, auf Station Schneekoppe 239, Prinz Heinrich-Baude 224, Wang 220 mm, gegen 56 mm in Breslau. (Herrmann's Rückblick in den Annalen der Hydrographie 1898, S. 79 und Wetterbericht der Seewarte.)

2) Langsamkeit und stationäres Verhalten von Hochwasser-Depressionen wird, wie ich leider erst lange nach dem Vortrage erfahre, zuerst wohl von Hann erwähnt in den Sitzungsberichten der Wiener Akademie, Jahrgang 1880. So bei Besprechung der mit Hochwassern verbundenen Niederschläge vom 10. bis 12. Juni 1876 in den Alpenländern, besonders der Ostschweiz (S. 1072), vom 12.—14. Juni 1880 in der Oberlausitz, in Schlesien und in Böhmen (S. 1067) und vom 11.—15. August 1880 in Oesterreich (S. 1052). Doch wird dieses Verhalten nicht als ein Grund zur Erklärung des Anhaltens und der Gesamthöhe der Niederschläge verwendet, vielmehr diese Erklärung nach anderer Richtung gesucht (S. 1064—1066). In Bezug auf die beiden letztgenannten Hochwasser-Depressionen wird sogar ausdrücklich von Hann hervorgehoben, dass besonders schwere oder die schwersten Niederschläge eintraten, als das Minimum sich schon entfernt hatte (S. 1054, 1068). Auch bei Gelegenheit des Hochwassers der Donau vom 20. August 1874 erwähnt Hann, dass die grossen Regenmengen vorher bei stark steigendem Barometer, also beim raschen Herannahen eines Hochdruckgebietes, und beim Schwinden der Depression fielen (S. 1069). Doch kommt Hann zweifellos jene Priorität vor Hellmann zu. Bei dieser Gelegenheit sei auch erwähnt, dass Hann in derselben Arbeit (a. a. O. S. 1042, 1043) in einer Tabelle der den Nord- und Südhängen der Ostalpen im August 1880 zugegangenen Regenmengen eine „vortreffliche Illustration für die wetterscheidende Bedeutung der Alpen, soweit wir unter Wetter vornehmlich Bewölkung und Regen verstehen", beibringt. Ihre wetterscheidende Bedeutung ist in meiner vorliegenden Arbeit nun auch über die Luftdruckverhältnisse ausgedehnt.

3) Hellmann, Der Wolkenbruch vom 2/3. August 1888 im Gebiete des oberen Queis und Bober. Meteorologische Zeitschrift 1889, S. 19—21.
Derselbe, Der Wolkenbruch vom 29/30. Juli 1897 im Riesengebirge. A. a. O. 1897, S. 313—315.

4) Kassner, Ueber die Zugstrasse VB. A. a. O. 1897, S. 219—222.

5) Keller, Sommerhochwasser von Juni bis Juli 1894 in der Oder und Weichsel. Centralblatt der Bauverwaltung 1894, S. 345 ff.

6) Krebs, Das Wetter der Woche. „Kritik" vom 7. August 1897, S. 285—288. Dieses Heft der „Kritik" wurde sogleich nach seiner ersten Ausgabe, am 4. August 1897, dem Herrn Minister der öffentlichen Arbeiten zu Berlin eingereicht. In der „Kritik" vom 4. September 1897 konnte festgestellt werden, dass die in jenem Bericht gegebenen Anregungen in der deutschen, besonders der Berliner Presse kräftigen Wieder- und Nachhall gefunden hatten. Am 23. Oktober 1897 erfolgte der bekannte Ministerialerlass zur Vorbeugung der Ueberschwemmungsgefahr.

7) Herrmann, Ueber die allgemeineren atmosphärischen Vorgänge vor und während der diesjährigen Ueberfluthungen in Schlesien, Sachsen und Nordböhmen. Annalen der Hydrographie etc. 1897, IX, S. 387—390, Tafel 12.

8) Krebs, Dürrejahre und strenge Winter. Meteorologische Zeitschrift 1892, S. 194.
Derselbe, Winteranfang 1895 und Aussichten auf das Winterende. Naturwissenschaftliche Wochenschrift 1896, S. 30—31.
In der angegebenen Weise findet auch der Transport saharischen Staubes seine Erklärung, der vom 9. bis 12. März 1901 auf 2500 km Entfernung bis zu den dänischen Inseln stattfand und auch in Deutschland Staubregen u. dgl. veranlasste. Eine solche Erklärung wurde von mir zuerst in der „Frankfurter Zeitung" vom 18. März 1901 geliefert.

9) Durand Greville, Les grains et les orages. Annales du Bureau Central Météorologique de France. Année 1892, I. Mémoires, S. 247—272, Pl. B. 25, 26, 27.

10) Krebs, Beiträge zur Kenntniss der Niederschlagsverhältnisse der Tropen und Subtropen. Verhandlungen der Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte zu Bremen 1890. II. I. Hälfte.
Derselbe, Die Kaltwetter-Niederschläge Nordwest-Indiens. Meteorologische Zeitschrift 1891, S. 422—425, Tafel VII.
Derselbe, Zur Frage der indischen Niederschlags-Prognosen. Annalen der Hydrographie etc. 1897, S. 253—254.
Derselbe, Luftdruck-Beobachtungen in Britisch-Indien und die Theorie der Luftwogen. Annalen der Hydrographie etc. 1900, Seite 551—554. Referat in den Verhandlungen der Gesellschaft

Digitized by Google

deutscher Naturforscher und Aerzte in München 1899. II. I. Hälfte, S. 70—71.

11) Krebs, Luftwogen über Italien im Oktober 1893. Meteorologische Zeitschrift 1894, S. 265—266. Derselbe, Zur Ballonfahrt Charbonnet's. Aus allen Welttheilen 1893/94, S. 133—138. Derselbe, Luftwogen und Luftschiffahrt. Virchow's Sammlung gemeinverständlicher wissenschaftlicher Vorträge 1894, Heft 200, S. 26—37.

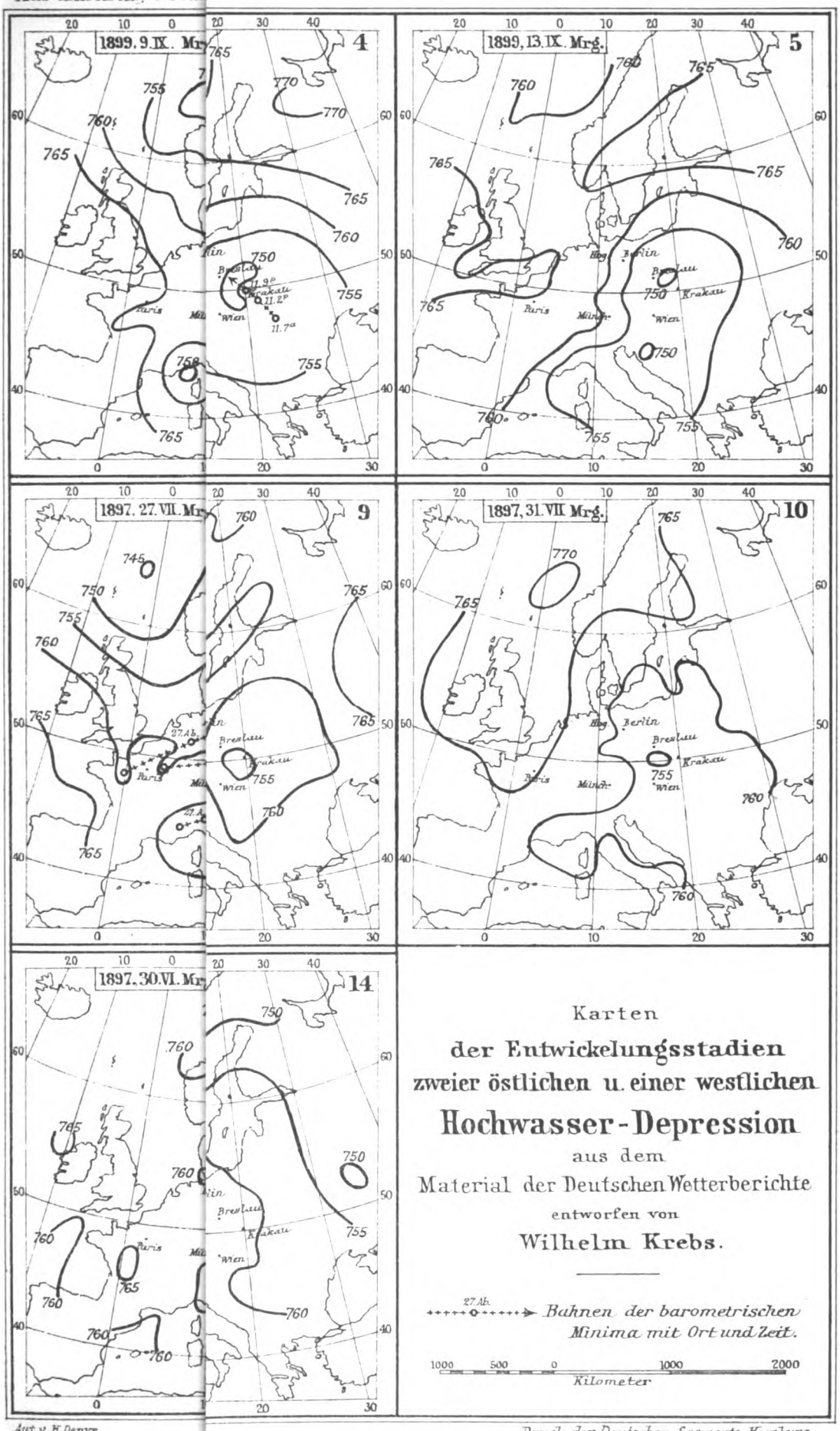
12) Krebs, Das Wetter in der nächsten Woche. Hamb. Fremdenblatt, Mai 1897 bis jetzt. Besondere Rubrik im Hauptblatt jeder Sonntagsnummer.

Bemerkungen zu den Karten.

Die Karten der Luftdruckvertheilung sind auf Grund des Daten-Materials der Täglichen Wetterberichte der Deutschen Seewarte entworfen. Nur auf den beiden Karten vom 28. und 29. Juli 1897 (Nr. 7 u. 8) wurden ausserdem diejenigen Luftdruckwerthe berücksichtigt, die Herrmann's Karten für diese Tage auf Tafel 12 der Annalen der Hydrographie 1897 in West- und Südosteuropa darüber hinaus enthalten. Der Entwurf der Karten geschah in der Art, dass die Isobaren von 1 zu 1 mm gezogen, in der Reinzeichnung aber nur von 5 zu 5 mm nachgezogen wurden. Verfasser hat aus früheren Arbeiten die Ueberzeugung gewonnen, dass diese Genauigkeit des Isobarenbildes berechtigt ist. Er zieht deshalb dieses Verfahren dem üblichen vor, nach dem die Isobaren von vornherein nur von 5 zu 5 mm entworfen und auf besondere Lokalisirung der Minima aus den Windverhältnissen geschlossen wird. Dass übrigens der Unterschied beider Methoden für die vorliegende Untersuchung nicht gross ist, das geht aus der guten Uebereinstimmung der von Herrmann angeführten Thatsachen mit der eigenen, von vornherein aus Luftdruckkarten der ersteren Art geschöpften Anschauung des Verfassers hervor.

Auf den Karten vom 27. und 28. Juli 1897 (Nr. 6 u. 7) sind nach Herrmann's erwähnter Kartentafel die Zugstrassen der an diesen Tagen zuerst bemerkbaren kleinen Depressionen (Druckrinnen bezw. Theilminima) und ihre Etappen eingetragen. Auf den Karten vom 11. und 12. September 1899 (Nr. 3 u. 4) hat Verfasser selbst Zugstrassen in ähnlicher Weise entworfen.

Digitized by Google



Aut. v. H. Denys

Druck der Deutschen Seewarte, Hamburg.

Digitized by Google

Digitized by Google

Aus dem

Archiv der Deutschen Seewarte.

XXIV. Jahrgang: 1901.

Herausgegeben

von

der Direktion der Seewarte.

HAMBURG, 1902.

Gedruckt bei Hammerich & Lesser in Altona.

Digitized by Google

INHALT.

No. **1.** Bericht über die Erforschung der freien Atmosphäre mit Hülfe von Drachen. Von Prof. Dr. *W. Köppen.* (Mit 6 Tafeln.)

No. **2.** Wissenschaftliche Grundlage einer Wettervorhersage auf mehrere Tage voraus. (Weitere Folge.) Von Prof. Dr. *W. J. van Bebber.* (Mit 6 im Texte gegebenen Diagrammen.)

No. **3.** Zur Klimatologie von Deutsch-Ostafrika. Von Dr. *Hans Maurer.*

No. **4.** Untersuchung über die Aenderung der Temperatur-Koeffizienten a und b bei Chronometern. Von *Carl Rottok*, Korvetten-Kapitän a. D.

By Transfer
U. S. Naval Observatory.
JUN 24 1935

LIBRARY OF CONGRESS
DEC 1935
DUPLICATE
EXCHANGE

Exchange
Library of Congress

Digitized by Google

Vorwort

zum

XXIV. Bande „Aus dem Archiv der Deutschen Seewarte“,

Jahrgang 1901.

Der XXIV. Jahrgang des Sammelwerkes „Aus dem Archiv der Deutschen Seewarte“ erscheint wesentlich später im Jahr, als die vorangegangenen. Der Grund für die Verzögerung in dem Erscheinen ist darin zu suchen, dass einzelne der Abhandlungen darin eine ungewöhnlich grosse Vorbereitung in der Herstellung, sowohl des Druckes wie der die Abhandlung begleitenden Tafeln erforderten. Es gilt dies namentlich in Beziehung auf die Abhandlung des Herrn Prof. Dr. W. Köppen „Bericht über die Erforschung der freien Atmosphäre mit Hülfe von Drachen.“ Obgleich als No. 1 des Jahrgangs begonnen, konnte dieselbe, da inzwischen vielfach neuere Versuche angestellt werden mussten, deren Ergebniss noch berücksichtigt werden sollte, erst später in Druck gegeben werden. Die Direktion hofft übrigens, dass sie durch die Rücksichtnahme auf die erwähnten Verhältnisse, wenn auch das Werk im Erscheinen verzögert wurde, der Wissenschaft und der Technik der Untersuchungen mittels Drachen in höheren Schichten der Atmosphäre, einen wesentlichen Dienst geleistet hat.

Der XXV. Jahrgang des Werkes „Aus dem Archiv der Deutschen Seewarte“ ist bereits im Drucke vorangeschritten, so dass zu hoffen steht, dass derselbe bald nach dem Ablaufe des gegenwärtigen Jahres der Oeffentlichkeit übergeben werden kann.

Hamburg, im Juni 1902.

Die Direktion der Seewarte.

Dr. ***von Neumayer.***

Digitized by Google

Digitized by Google

AUS DEM
ARCHIV DER DEUTSCHEN SEEWARTE.
XXIV. Jahrgang 1901.
Herausgegeben von der Direktion der Seewarte.

No. 1.

Bericht

über die

Erforschung der freien Atmosphäre mit Hülfe von Drachen.

Im Auftrage der Direktion der Seewarte erstattet

von

Prof. Dr. **W. Köppen.**

Mit 6 Tafeln.

HAMBURG, 1902.

Gedruckt bei Hammerich & Lesser in Altona.

Digitized by Google

Digitized by Google

Inhalt.

Seite

Abschnitt 1. Das Studium der freien Atmosphäre, die Entwickelung der meteorologischen Drachenversuche und die Drachenstation der Seewarte ..... 1— 11

Gipfelstationen und Ballons, S. 1. — Meteorologische Drachen, S. 3. — Drachen zum Heben von Menschen, S. 7. — Die Drachenstation der Seewarte, S. 7.

Abschnitt 2. Stellung der Aufgabe. Zusammenhang zwischen Höhe und Steigwinkel, Zug, Windgeschwindigkeit u. s. w. ..... 11— 32

Die Kettenlinie, S. 11. — Zusammengesetzte Kettenlinie bei Verwendung von Hülfs- oder Nebendrachen, S. 14. — Druck des Windes auf die Drachenleine, S. 15. — Ziffernmässige Werthe, S. 16. — Vertikale Vertheilung der Windgeschwindigkeit und praktische Folgerungen daraus, S. 21. — Grösse und Zahl der Drachen, S. 23. — Zweck, Höhe und Häufigkeit der Aufstiege, S. 24. — Wie oft bieten sich die für Drachenaufstiege geeigneten Windstärken im Klima von Hamburg dar? S. 26. — Was kann an windstillen Tagen geschehen? S. 28. — Oertlichkeit, Ausstattung und Kosten einer Drachenstation, S. 29.

Abschnitt 3. Bedingungen des Drachenfluges ..... 32— 42

Die wirkenden Kräfte, S. 32. — Stabilität, S. 36. — Versuche mit kleinen Flugmodellen, S. 39. — Hubkraft, S. 40.

Abschnitt 4. Die verschiedenen Typen von Drachen ..... 42— 56

Einebenige Drachen, S. 42. — Eddy's Malay-Drachen, S. 43. — Hargrave-Drachen, S. 44. — Nikel-Drache, S. 47. — Die Drachen der Seewarte: Die Malay-Drachen, Seite 48; Kasten- oder Hargrave-Drachen, Seite 49; Treppen-Drachen, S. 52.

Abschnitt 5. Materialien für den Drachenbau ..... 56— 63

Das Gestell, S. 56. — Der Bezug, S. 60.

Abschnitt 6. Verbindung des Drachens mit dem Erdboden ..... 63— 78

Die Bucht, S. 63, Taf. 4. — Schnüre und Knoten, S. 67. — Der Draht [Behandlung, Kauschen, Splissungen], S. 70. — Der Haspel, S. 74.

Abschnitt 7. Handhabung der Drachen ..... 78— 93

Hantierung mit den Drachen am Erdboden, S. 78. — Lage und Bewegungen der Drachen in der Luft, S. 81. — Vereinigung der Drachen zu Gespannen und Anbringung des Meteorographs, S. 85. — Verhütung von Unfällen und Verhalten bei solchen, S. 91.

Abschnitt 8. Das Instrumentarium ..... 94—103

Waage, S. 94. — Dynamometer, S. 94. — Höhenmesser, S. 94. — Zählwerk, S. 95. Meteorolog. Instrumente, S. 96. — Meteorograph, S. 96. — Aufzeichnungen, S. 101.

Anhang. Literatur ..... 103—104

Berichtigungen und Nachträge umstehend.

Die Zahlen neben den Figurennummern auf den 6 Tafeln geben die Seiten an, auf denen die Figur besprochen ist.

Digitized by Google

Berichtigungen und Nachträge.

S. 11, Z. 7 v. u. statt „Horizont 0“ lies „Horizont bei 0“.

Ebenda Z. 6 v. u. statt „des Drachens“ lies „des Drahtes“.

S. 13, Z. 6 v. o. sowie vierte und neunte Kolumne der Tabelle statt β lies β'.

S. 35. Der in Z. 17 v. u. erwähnte Anhang 2 zu diesem Bericht ist wegen entstandener Schwierigkeiten in der Reproduktion der zugehörigen Tafel fortgelassen und wird in anderer Form veröffentlicht werden.

S. 56, Z. 14 v. u. Betreffs Anhang 2 vgl. das eben Gesagte. Die hier erwähnten Bemühungen haben nunmehr (Mai 1902) zur Konstruktion einer Mittelform zwischen Treppendrachen und Hargrave-Drachen geführt, die auch erprobte Züge vom Lamson- und vom Malaydrachen enthält, und die zwar etwas mehr Wind braucht, als der Treppendrache, aber weniger, als der Hargrave, und gute Stabilität, sowie grossen Höhenwinkel mit Einfachheit des Baues und der Reparatur verbindet. Dabei ist dieser „Treppen-Kasten-Drache“ transportabel und vergleichsweise wenig zerbrechlich und kann leicht durch Einsetzen von zwei Querstöcken oder durch Ansetzen von Flügeln für besonders starken oder besonders schwachen Wind hergerichtet werden; auch die Spannung des Zeuges kann leicht regulirt werden. Eine nähere Beschreibung kann indessen hier nicht mehr Platz finden.

S. 57. Die mikroskopische Prüfung des Holzes, die Herr Prof. Dr. Zacharias die Güte hatte vorzunehmen, hat nachträglich ergeben, dass wenigstens die entnommene Probe nicht Picea vulgaris, sondern Pinus sylvestris ist, weil sie die grobzackigen Wandverdickungen der Markstrahlzellen zeigt, die für die letztere Art charakteristisch sind.

S. 61, Z. 16 v. u. statt 52.5 g lies 5.25 g.

S. 62, unterste Z. des Textes: gegenwärtig liefert die Firma in England (Schneider, Gerhartz & Co., Bradford, Yorkshire) den leichten Cambric auch in rother Farbe. Der Preis stellt sich auf 60, mit Zoll auf etwa 63 Pfg. das Meter, bei 1 m Breite, also recht niedrig.

S. 70, Z. 17 v. u. Von der Empfehlung verzinkten Drahtes möchte ich die nur bei höheren Aufstiegen in Gebrauch kommenden unteren, stärkeren Theile der Leine ausnehmen, bei denen die Unbequemlichkeit der Erhaltung einer Oelhaut ganz zurücktritt gegen den Vortheil der grösseren Festigkeit des unverzinkten Drahtes für gleiches Gewicht.

S. 72, Mitte. Bei Drahtseilen wird der Durchmesser der treibenden Scheibe 150 bis 175 mal so gross genommen, wie der des Seils (vgl. „Hütte“, Bd. 1, S. 468). Die Gefahr von der Krümmung muss bei hartem einfachem Draht grösser, andererseits bei unveränderlicher Krümmung kleiner sein, als bei Drahtseil mit wechselnder Krümmung. Das Verhältniss der Radien ist bei Verwendung von 0.8 mm-Draht: in der Schlangenkausch $750 : 4 = 188$, bei der Knopp'schen Klemme (S. 88) $400 : 4 = 100$, bei Marvin's Landungsrolle (S. 79) $500 : 4 = 125$.

S. 76, Z. 25 v. u. Die hier erwähnten Fig. 75 und 76 finden sich auf Taf. 4, die gleichen Figurennummern von S. 78 und 80 beziehen sich auf Taf. 5.

S. 84, Z. 24 v. o. lies „Rigidität“ statt „Regidität“.

Digitized by Google

No. 1.

Bericht
über
die Erforschung der freien Atmosphäre mit Hülfe von Drachen.

Im Auftrage der Direktion der Seewarte erstattet von Professor Dr. **W. Köppen.**

I. Technischer Theil.*)

1. Abschnitt.

Das Studium der freien Atmosphäre, die Entwickelung der meteorologischen Drachenversuche und die Drachenstation der Seewarte.

Gipfelstationen und Ballons. Die Jahre 1893—95 bilden einen neuen Ausgangspunkt in der Meteorologie, dessen Wirkungen sich nach und nach immer mehr fühlbar machen werden, eine wichtige Etappe in dem Uebergang dieser Wissenschaft aus einer Kunde von der untersten Luftschicht in eine solche von der ganzen Atmosphäre. Vorbereitet war dieser Uebergang vor allem durch die Ballonfahrten von Welsh und Glaisher (1852—69) und die Gründung zahlreicher Gipfelstationen, zu der besonders der Wiener meteorologische Kongress (1873) den Anstoss gab. Die Jahre 1893—95 aber brachten uns zwei neue Hülfsmittel von weitgehendster Verwendbarkeit für dieses Studium: den Drachen und den unbemannten Freiballon (ballon sonde), die beide dazu bestimmt sind, die gleichzeitig erfundenen leichten meteorologischen Registrirapparate in die freie Atmosphäre emporzutragen; und in denselben Jahren spielte sich auch der Haupttheil der grossartigen Reihe der Berliner Ballonfahrten ab, durch die unsere Auffassung von der vertikalen Temperatur-Vertheilung in der freien Atmosphäre auf eine neue Grundlage gestellt wurde. Dass die Wirkung dieser Fortschritte auf die Umgestaltung der Meteorologie nur eine langsame ist, und dass insbesondere die Ausnutzung derselben für die Wetterprognose noch nicht ohne weiteres möglich ist, darf niemand wundern, da es ein grosses und schwieriges Feld zu bearbeiten gilt, ehe die Früchte davon geerntet werden können. Die Ueberzeugung aber von der Wichtigkeit des so eröffneten Arbeitsfeldes und der Wunsch mitzuwirken, wird wohl an allen meteorologischen Anstalten der Welt vertreten sein und sicherlich die in dem Mangel an Geldmitteln und Kräften liegenden Hindernisse bald besiegen.

Denn in der That, der Gang der gewaltigen Maschine, die wir als Erdatmosphäre bezeichnen, spielt sich in Vorgängen ab, die zum grossen Theile hoch über unsern Köpfen verlaufen. Die Meteorologie war aber anfangs, und ist zum Theil noch jetzt, auf die Untersuchung der untersten Luftschicht allein angewiesen. Von dieser aus suchte sie mit Kühnheit die Gesetze des Ganzen zu erschliessen und befand sich dabei in der Lage eines Menschen, der den Zusammenhang einer mächtigen Dampfmaschine enträthseln will, von der er nur einige langsam gehende Räder am Aussenrande und Nebenventile sehen kann. Es ist der Ueberblick über das Ganze, dessen wir zur richtigen Auffassung auch der Einzelheiten vor allem bedürfen; diesen Ueberblick können wir aber mit noch so vielen Stationen nicht gewinnen, wenn wir an der Erdoberfläche kleben bleiben.

Seit Dezennien ist denn auch die Sehnsucht der Meteorologen darauf gerichtet, einen ähnlichen Ueberblick, wie wir ihn heute alltäglich über die Vorgänge am Grunde des Luftmeeres erhalten, auch für die höheren Schichten desselben zu gewinnen. Aber so werthvolle Aufschlüsse die Meteorologie dem Luftballon auch verdankt, so musste diese Sehnsucht doch ein unerfüllbarer Traum bleiben, so lange die hohen Kosten und die Umständlichkeit des Ballonbetriebes diese Aufschlüsse auf ganz vereinzelte Orte und Zeitmomente

*) Die meteorologischen Ergebnisse werden den Gegenstand eines zweiten, späteren Berichtes abgeben.

Digitized by Google

beschränkten. Die Theilnehmer am ersten internationalen meteorologischen Kongress i. J. 1873 in Wien waren von dieser Empfindung erfüllt, als der Kongress beschloss, es sei „die Anstellung von Versuchen über die Möglichkeit, mit Ballons captifs ständige meteorologische Beobachtungen zu machen" anzustreben, neben der Errichtung von ständigen, womöglich zugleich mit Registrirapparaten versehenen Beobachtungsstationen auf höheren Berggipfeln. Als 1879 der zweite Kongress in Rom zusammentrat, war die auf Gründung meteorologischer Observatorien auf Berggipfeln gerichtete Bewegung schon in vollem Gange. Einzelne hochgelegene Stationen gab es schon seit lange; allein sie waren in Pässen oder an Abhängen gelegen und ihre Beobachtungen zeigten deutlich lokale Einflüsse; ausserdem wurden sie von Personen bedient, die wenig Begriff von der Bedeutung ihrer Aufgabe hatten und mit andern Pflichten belastet waren. In beiden Hinsichten trat in den 70er Jahren ein allmählicher Umschwung ein. Den wenigen Stationen 2. Ordnung auf Berggipfeln im Alpengebiete — Rigi (1784 m), Chaumont (1152 m), Gäbris (1250 m) in der Schweiz, Obir (2043 m) und Schafberg (1776 m) in Oesterreich — traten 1872 bezw. 74 in Amerika die Stationen des Signal Service auf dem Mt. Washington (1916 m) und dem Pikes Peak (4300 m) und seit 1876 in Frankreich das Observatorium auf dem Puy de Dôme (1463 m) an die Seite. Bald nach dem Römischen Kongress, 1881, wurde in Frankreich das Observatorium auf dem Gipfel des Pic du Midi (2859 m) eröffnet und dann folgten Schottland, Oesterreich und die Schweiz mit der Erbauung der Observatorien auf dem Ben Nevis (1343 m) im Jahre 1883, auf dem Sonnblick (3096 m) im Jahre 1886 und auf dem Säntis (2500 m) im Jahre 1887. Besonders die Hochwarte auf dem Sonnblick hat infolge der vorzüglichen Bearbeitung ihrer Beobachtungen durch Hann u. A. unser Wissen von der Atmosphäre sehr gefördert. Eine Reihe weiterer Gipfelstationen mit mehr oder weniger reicher Ausrüstung sind seitdem in verschiedenen Ländern hinzugetreten und haben neue, theilweise überraschende Aufschlüsse geliefert. Solcher Hochwarten in reinen Gipfellagen besitzt jetzt Deutschland eine in fast der Höhe des Sonnblicks — das neue Observatorium auf der Zugspitze, 2964 m über Meer — und vier zwischen 1142 und 1603 m, nämlich Schneekoppe (1603 m) und Brocken (1142 m) in Preussen, Grosser Belchen (1394 m) im Elsass und Fichtelberg (1215 m) in Sachsen, neben einigen Hochstationen desselben Niveaus etwas unterhalb des Gipfels, wie Wendelstein (1727 m), Prinz Heinrichsbaude (1410 m) und Glatzer Schneeberg (1217 m), sowie mehreren Stationen auf niedrigeren Gipfeln oder Hochebenen in einer ungefähren Höhenlage von 1000 m, wie Inselsberg (914 m) und Schmücke (911 m) in Thüringen, Hohen-Peissenberg (994 m) in Bayern und Höchenschwand (1005 m), Todtnauberg (1022 m) und Kniebis (904 m) in Baden.

Wie richtig es war, die Forderung der reinen Gipfellage aufzustellen, trotz der vielfach dadurch bedingten weit grösseren Kosten und Unbequemlichkeiten, beweist unter vielen anderen die 1876–1881 funktionirende „Station Plantade" am Abhang des Pic du Midi. Obwohl auch sie 2366 m hoch lag, stimmte sie in der täglichen Periode der Windstärke mehr mit den Stationen des Tieflandes, als mit der Gipfelstation überein.

Der Römische meteorologische Kongress empfahl deshalb durch einen besonderen Beschluss „die Errichtung von Observatorien auf den Gipfeln der Berge", wenn er auch durch diese Fassung, aus Furcht vor den übergrossen Schwierigkeiten, die kühnere und präzisere Forderung seines Referenten Hann abstumpfte, der „einige vollständig ausgerüstete Observatorien auf dominirenden Berggipfeln" verlangte. Diese Schwierigkeiten aber wurden von den Herren Plantamour, Denza, Scott und Wild in der betr. Kommission speziell als in Feuchtigkeit, Schnee, Wind und der vollständigen Isolirung der Beobachter, sowie auch der Neugierde der Touristen in der guten Jahreszeit liegend, bezeichnet.

Mit bewundernswerther Ausdauer und unter Aufwand von sehr viel Mühe und Kosten hat man jetzt diese Schwierigkeiten an einer ganzen Reihe von Punkten überwunden. Die Kosten der Gipfel-Stationen sind ausserordentlich verschieden; es ist aber gewiss niedrig gerechnet, wenn wir für die Gewinnung von Registrirungen und Beobachtungen von Gipfeln oberhalb 1200 m Seehöhe — alle eigentlich wissenschaftliche Arbeit dabei ungerechnet — durchschnittlich 20000 ℳ. an einmaligen und 5000 ℳ. an jährlichen Kosten veranschlagen. Man begreift, dass es den Meteorologen nicht leicht geworden ist, solche Summen für einen Zweck, der nicht Jedem klar ist, flüssig zu machen, und sieht daraus, welchen Werth sie auf solche Aufzeichnungen legen.

Allein Berggipfel sind nicht überall zu haben, und die Verhältnisse über den Tiefebenen bleiben für diese Methode unzugänglich. Und so frei auch der Gipfel gelegen sein mag, immer ist eine Einwirkung der Bergmasse auf die Aufzeichnungen vorhanden in einem bis auf weiteres nicht genau bestimmbaren Umfange.

Digitized by Google

Soll die Meteorologie von dem Kleben am Boden sich befreien, so müssen also unbedingt noch andere Mittel benutzt werden. Der Römische meteorologische Kongress hat dazu, ebenso wie sein Wiener Vorgänger, die Fortsetzung der von Glaisher 1862—1869 angestellten Studien mit Hülfe von Aufstiegen im Ballon und insbesondere im Fesselballon empfohlen. Der meteorologische Kongress in Paris im Jahre 1896 hatte, indem er diese Empfehlung wiederholte, bereits die schöne Reihe freier Ballonfahrten der Jahre 1893 und 94 in Preussen vor Augen und konnte zwei neue Methoden hinzufügen, die schon bedeutende Erfolge aufwiesen und noch grössere versprachen: (1) unbemannte Ballons mit Registrirapparaten für sehr grosse Höhen und (2) Drachen. Für beide war die Konstruktion sehr leichter, zuverlässiger Registrirapparate eine Vorbedingung, die jetzt erfüllt war. Mit den ersteren, den „ballons sondes" haben wir uns hier nicht zu beschäftigen, da sie bisher nur für das Studium der höchsten, gegenwärtig auf keine andere Weise zugänglichen Luftschichten oberhalb 8000 m über Meer benutzt wird. In der ständigen Erforschung der freien Atmosphäre zwischen 300 und 4000 m Höhe ringen aber, da Fahrten mit bemannten freien Ballons immer nur Ausnahmefälle sind, der Fesselballon und der Drachen um den Preis. Bis jetzt hat indessen der Fesselballon, ausser den lehrreichen Fahrten von Glaisher 1869 und von Sherman 1879, die aber nur wenig über 300 m hinausgingen, für die Meteorologie noch fast nichts geleistet. Im Jahre 1889/90 hat freilich der Berliner Verein für Luftschiffahrt grosse Hoffnungen auf einen unbemannten Fesselballon für Registrirapparate gesetzt, der nur 6¼ m Durchmesser bekam und bis 800 m hoch steigen sollte. Aus der Zeitschrift des Vereins, Jahrgang 1890, ersieht man (S. 54), dass die Kosten von Ballon und Zubehör etwas über 2000 Mark betragen haben; seine ersten Aufstiege sind auf S. 224 beschrieben; die Registrirungen waren aber unbrauchbar, weil die Schreibstifte zu stark geschwankt hatten. Dieser Ballon hatte noch die Kugelform; da aber ein Fesselballon Wege durch die Luft zu machen hat, so gelten für ihn diejenigen Ueberlegungen, die zur Annahme der Cigarrenform für die Luftballons mit eigener Triebkraft geführt haben, und da man am Drachen sieht, wie man bei einem gefesselten Körper aus dem Winde, der den kugeligen Fesselballon niederdrückt, einen Träger machen kann, der ihn hebt, so lag es nahe, die Kugelform, die für freie Ballons die beste ist, für Fesselballons aufzugeben; die Frage der technischen Ausführung aber war schwierig genug. Zuerst hat 1887 Archibald einen kleinen Ballon mit davorgesetztem Drachen gebaut. Beim Versuche (vgl. Nature, Bd. 36, S. 278) stand der Ballon ohne Drachen 38°, mit Drachen 41°5; ausserdem war der Zug viel stärker. Immerhin ist ein Höhenwinkel 41°5 für einen Drachen noch ziemlich ungünstig, der Ballon war also in diesem Falle mehr schädlich, als nützlich, und gab nur die Beruhigung, dass bei allfälligem Abflauen des Windes die Instrumente nicht zu Boden fallen würden.

In neuerer Zeit haben die Herren von Parseval und von Siegsfeld in jahrelanger geduldiger Arbeit dem Fesselballon selbst eine Gestalt gegeben, in der er auch von starkem Winde nicht zu Boden gedrückt, sondern nach Art eines Drachens getragen wird. Dieser „Drachenballon" wird von der Firma Riedinger in Augsburg auch in kleiner Form allein zum Heben meteorologischer Apparate gebaut, wobei er aber immerhin eine Länge von 9 bis 12 m bei einem Durchmesser von 2½ bis 3 m haben muss. Der Druck des Windes auf einen solchen Ballon ist weit grösser, der Winkel aber, unter dem er steht, schon bei mässigem Winde merklich ungünstiger, als derjenige eines Drachen-Gespanns. Es kann also auch der Drachenballon wohl nur als ein kostspieliger Nothbehelf für den Drachen angesehen werden, der dort einzutreten hat, wo der Wind zum Heben des Drachens mangelt. Wenn Herr Riedinger in den Ill. Aeronaut. Mitth., Aprilheft 1901 (S. 60) behauptet, der Drachenballon sei im Betriebe sogar billiger, als die Drachen, so beruht das wohl auf einer starken Ueberschätzung der Kosten des Drachenbetriebes. Ob der Prozentsatz der Unfälle beim Drachenballon kleiner ist, als beim Drachen, darüber lässt sich nichts Bestimmtes sagen, da für beide keine Statistik vorliegt. Wo genug Wind vorhanden ist, da hat der Fesselballon nur den klaren Vortheil vor dem Drachen, dass seine Hantirung zwar mehr Kraft, aber weniger Kunst verlangt, da er in jeder Stellung von einer dauernden Kraft hinaufgetrieben wird. Für Aufstiege von mehr als 2000 m Höhe für die der Drachen den Beweis seiner Brauchbarkeit längst in zahlreichen erfolgreichen Aufstiegen vollkommen erbracht hat, kommt der Drachenballon zur Zeit kaum mehr in Frage.

Meteorologische Drachen. Es gehört freilich ein grosses Maass von Geduld dazu, um mit einer so launischen Kraft, wie der Winddruck, und mit so wenig stabilen Gleichgewichtszuständen, wie die Drachen sie bieten, erfolgreich zu arbeiten. Durch jahrelange Ausdauer ist es einer Reihe von Männern, meistens ausserhalb Europas, gelungen, den Drachen aus einem Kinderspielzeug zu einem wichtigen wissenschaftlichen

Digitized by Google

und zum Theil auch technischen Hülfsmittel zu machen, indem man seine Steigkraft und seine Stabilität ausserordentlich vergrössert hat. Gewiss wird sich in derselben Richtung noch bedeutend mehr, oder dasselbe mit einfacheren Mitteln erreichen lassen. Der Fortschritt ist aber nur langsam, weil er grösstentheils auf dem Wege der tastenden, nur hier und da durch Analogieschlüsse gestützten Versuche gewonnen werden muss; denn nicht allein die Theorie, sondern auch das nicht im Winde gewonnene Experiment bieten noch sehr wenig Handhaben dafür, zu beurtheilen, welche Anordnung im Winde einen bestimmten Vortheil verspricht. Von den Versuchen in freiem Winde gilt aber, was Baden-Powell nach vieljährigen Bemühungen um die Vervollkommnung der Drachen sagt: „Es erscheint wirklich merkwürdig, wie langsam thatsächlicher Fortschritt sich ergab: so oft musste eine erfasste Idee wieder und wieder unter wechselnden Bedingungen erprobt werden, ehe irgend ein bestimmtes Ergebniss erreicht werden konnte; und in der Hälfte der Fälle kam ich zu dem Schluss, dass diese ganze Reihe von Versuchen durchaus negatives Ergebniss habe. Allein immer wieder hatte ich auch so erfolgreiche Arbeitstage, dass ich ermuthigt wurde, fortzufahren."

Die erfreuliche Entwickelung, welche die Verwendung der Drachen in den letzten Jahren genommen hat, wollen wir nun in Kürze überblicken.

Weltbekannt ist, dass Franklin 1752 Drachen zum Nachweis der elektrischen Natur des Blitzes benutzt hat. Aber schon drei Jahre früher hat Dr. Al. Wilson in Glasgow den Versuch gemacht, Thermometer mit Hülfe mehrerer zusammengekoppelter Drachen in die Höhe zu schicken (vergl. Kämtz' Lehrb. II, S. 395 und Monthly Weather Review (Washington) für 1896, S. 113). Die Sache hat indessen danach fast vollständig geruht,*) bis 1883 Douglas Archibald in England sie wieder aufnahm. Seine Versuche mit Anemometern, die er bis zur Höhe von 200 m über dem Boden hinaufschickte, schienen mir so vielversprechend, dass ich seinen Bericht darüber für die damals von mir redigirte „Meteorol. Zeitschrift" übersetzte (Bd. 1885, S. 47) und selbst eine Anzahl von Versuchen mit Drachen, aber noch ohne Instrumente, anstellte. Ich sah indessen alsbald, dass die Ueberwindung des rein technischen Theils der Aufgabe weit mehr Zeit und Mittel verlangte, als ich ihr widmen konnte und musste mich aufs Abwarten legen. Prof. Archibald hat leider seine Versuche nicht weiter verfolgt, da er bald darauf England verliess; selbst Briefe, die an ihn von hier aus in dieser Angelegenheit gerichtet wurden, kamen als unbestellbar zurück. Es war mir deshalb eine grosse Freude, als im August 1894 Mr. Rotch bei einem Besuche in Hamburg mir mittheilte, dass soeben auf seinem Observatorium auf dem Blue Hill bei Boston die ersten Versuche mit dem Aufstieg von Drachen für meteorologische Zwecke vor sich gehen; Mr. Eddy von Bayonne bei New York, der durch seine erfolgreiche Beschäftigung mit Drachen seit einigen Jahren bekannt war und bereits einen Vorschlag an den Leiter des Washingtoner „Weather Bureau", Prof. Harrington, in dieser Richtung gemacht hatte,**) halte sich eben auf dem Blue Hill auf, um diese Versuche in Gang zu bringen. In der That ist schon am 4. August 1894 ein Richard'scher Thermograph, dessen schwere Theile durch solche aus Hartgummi und Aluminium ersetzt waren, mit Hülfe von 5 Eddy-Drachen, deren Oberfläche 9 qm betrug, 436 m über den Boden gehoben worden und hat eine tadellose Aufzeichnung zurückgebracht. Damit war zum ersten Mal der Nachweis erbracht, dass man mittels wirklicher Registrirapparate mit Uhrwerk, die durch Drachen getragen werden, gute Aufzeichnungen aus der freien Atmosphäre erhalten könne; denn Archibalds Anemometer hatten nur ein Zählwerk, das den ganzen Windweg vom Verlassen des Erdbodens bis zur Herabkunft abzulesen gestattete. Der zweite Aufstieg eines Thermographen erfolgte am 15. August 1894, der dritte aber erst am 23. Juli 1895. Am 19. August 1895 wurde zum ersten Male ein Barothermograph hinaufgelassen, zunächst noch mit Eddy- oder Malay-Drachen; am 21. wurde er zuerst einem Hargrave-Drachen anvertraut, deren erster am 18. August gestiegen war. Im November erbaute Fergusson seinen Thermo-Anemograph, und vom 16. November an wurde dieser regelmässig benutzt. Erst am 27. Januar 1896 wurde die Hanfschnur durch Stahldraht ersetzt, wie ihn schon Archibald angewandt hatte. In diesem Monat wurden wasserdichte Drachen bei Regen und Schneefall in Verwendung genommen. Die Höhe von 1 Kilometer †) wurde am 13. April 1896 zum ersten Mal erreicht, diejenige von 2 km am 1. August, am 8. Oktober eine Höhe von

*) Die vereinzelten Versuche von Parry und Fisher 1823, Espy um 1835, Birt und Ronalds 1847, Abbe 1867 und 1876, van Rysselberghe 1880 hatten keinen nennenswerthen Erfolg.

**) Vergl. den Bericht von Harrington an den Chicago-Kongress für Luftschiffahrt (August 1893), wiedergegeben in „Aeronautics", 1894, S. 166, und, auszugsweise, in der Monthly Weather Review von Washington, Juli 1897, S. 313.

†) Ueber dem Observatorium, das auf dem Gipfel des Hügels 192 m über dem Meere liegt.

Digitized by Google

2665 m. Ein Jahr später wurde am 19. September 1897 der Meteorograph bis 2821 m, am 15. Oktober bis 3379 m, endlich am 26. August 1898 bis 3490 m, am 20. Juni 1900 4250 m und am 19. Juli 1900 sogar 4620 m über den Blue Hill oder 4815 m über Meer gehoben.

Diese glänzenden Ergebnisse, die in Gestalt von einer Anzahl veröffentlichter hochinteressanter Registrirkurven der wissenschaftlichen Welt vorliegen, haben die früher ungeahnte Verwendbarkeit des Drachens zu vielseitigen exakten meteorologischen Aufzeichnungen bis in die Höhen der Alpengipfel und wohl auch darüber hinaus festgestellt. Ihre Gewinnung wurde durch die schnellen Fortschritte wesentlich erleichtert, die in der Methode des Baues und der Behandlung von Drachen in diesen Jahren in den Vereinigten Staaten, und namentlich an dem grossen nationalen „Weather-Bureau" in Washington gemacht wurden. Versuche mit Drachen verschiedener Form, jedoch ohne Instrumente, wurden hier im Herbst 1894, zunächst privatim, von den Beamten des Bureaus Herren Al. Mc Adie und S. A. Potter aufgenommen und zwar mit Malay- und anderen Drachen, seit Oktober 1895 auch mit Hargrave-Drachen, deren im Aprilheft 1895 des „American Engineer" erschienene Beschreibung die Aufmerksamkeit verschiedener Personen in Amerika auf diese eigenartigen Flugapparate gelenkt hatte.*) Im Herbst 1895 beauftragte der Chef des Wetter-Bureaus, Prof. Willis L. Moore, zuerst Prof. Hazen, dann (am 18. Nov.) Prof. C. F. Marvin, mit Unterstützung von Mr. Potter**) Versuche anzustellen zur Herstellung eines Apparats zur leichteren Untersuchung der oberen Luftschichten. Wir verdanken diesem Vorgehen sehr sorgfältige Untersuchungen von Prof. Marvin, deren Ergebnisse in den „Monthly Weather Review" erschienen sind (1895, S. 418, 1896, S. 113, 156, 199, 238 und 1897, S. 136); die meteorologischen Resultate sind dagegen bis jetzt nur sehr unvollkommen veröffentlicht worden. Auf einige Zeit sind die Drachen-Registrirungen in den Kreis der regelmässigen Arbeit des Wetter-Bureaus aufgenommen worden, und zwar nicht nur in Washington, wo eine „kite farm" in freier Lage unter Leitung von Herrn Potter eingerichtet ist, sondern an 16 weiteren Orten im Gebiete der Vereinigten Staaten, die vom April bis zum November 1898 als Drachenstationen funktionirten. Ausser diesen bestanden noch einige private Drachenstationen. Vor mir liegt z. B. eine Nummer des „San Francisco Chronicle" vom 18. März 1900, worin über die eben erfolgte Ausrüstung der Station auf dem 870 m hohen Mt. Tamalpais mit Drachen des Wetter-Bureaus berichtet wird, unter Beifügung von Zeichnungen. Der kühne Plan, tägliche synoptische Karten über die Zustände in der Höhe von 1 engl. Meile mit Hülfe der Drachen zu konstruiren,†) gelang freilich nicht, weil nicht genügend gleichzeitige Beobachtungen gesammelt werden konnten. Aber auch ohne Gleichzeitigkeit bieten solche häufigen „Lothungen" in die Tiefen der Atmosphäre äusserst werthvolle Aufschlüsse über die Konstitution der „Cyklonen" und „Anticyklonen", die uns auch die gewöhnliche Wetterkarte besser zu verstehen lehren.

Die lebhafte Bewegung zu Gunsten der Drachen, die in Nordamerika sich entwickelte, hat auch in Europa das Interesse für dieselben neu belebt, und zwar gleichzeitig nach den zwei Richtungen: der Hebung leichter meteorologischer Registrir-Apparate auf grosse Höhen und der Hebung von Menschen auf geringe Höhen zum Zwecke militärischer Rekognoszirungen.

In ersterer Richtung hat Herr Teisserenc de Bort auf seinem Privat-Observatorium in Trappes bei Paris als Erster Erfolg zu verzeichnen gehabt, indem er seit 1897 häufige Aufzeichnungen aus immer grösseren Höhen, neuerdings bis zu 5000 m hinauf erhalten hat, zuerst mit Hülfe platter sechseckiger Drachen, dann mit Lamson- und Hargrave-Drachen (s. unten), seit längerer Zeit ausschliesslich mit den letzteren. Kurze Mittheilungen über die Arbeit mit Drachen in Trappes sind wiederholt in den Comptes Rendus der Pariser Akademie und den Sitzungs-Protokollen der Französischen Meteorologischen Gesellschaft erschienen, ein ausführlicherer Bericht fehlt noch.

Wenig später hat auch das St. Petersburger Physikalische Central-Observatorium auf seiner Filiale in Pavlofsk die Vorversuche mit Drachen begonnen, und hier habe ich die Hargrave-Drachen zuerst durch Augenschein kennen lernen können, im Herbst 1897. Instrumente, theilweise eigener Konstruktion, sind hier erst später in die Höhe gelassen worden. Ueber ihre Aufzeichnungen ist noch wenig bekannt geworden, doch

*) Ausser dem Blue-Hill-Observatorium und Mr. Potter haben im gleichen Spätsommer oder Herbst 1895 auch J. B. Millet und Charles H. Lamson mit Erfolg Drachen nach Varianten dieses Systems gebaut.

**) Herr Mc Adie war unterdessen nach San Francisco versetzt worden, wo er am 22. Februar 1896 zuerst ein Gespann von 18 Malay-Drachen steigen liess.

†) Vgl. Prof. Moore's Vortrag vor der „Amer. Assoc. for the Advanc. of Science" im Sommer 1895, Science 1895 S. 576, und Ann. d. Hydr. etc. 1896, S. 137.

Digitized by Google

sind z. B. diejenigen vom 16. Januar und 7. März 1901 veröffentlicht (in russ. Spr.). Mit den unten zu erwähnenden erfolgreichen Bemühungen der russischen Militär-Luftschifferabtheilung steht das Central-Observatorium in enger Fühlung. Diese hat, wie General Iwánof auf dem Kongress der russischen Meteorologen mittheilte, gegenwärtig eine meteorologische Drachenstation im Luftschiffer-Uebungspark in Petersburg eingerichtet und eine zweite solche in Kovno in Angriff genommen.

Auf den Britischen Inseln hat der werthvolle Anfang, den Herr Archibald gelegt hat, bis jetzt keine Fortsetzung gefunden. Eine Reihe von Versuchen mit Drachen, aber noch ohne Instrument, wurden im Sommer 1898 in Edinburgh veranstaltet, wie man dies aus einer Mittheilung von Herrn Mossmann im Quart. Journ. R. Met. Soc. Oktober 1898 ersieht. Diese Versuche waren „der Energie und Liberalität des Herrn John Anderson zu verdanken", eines früheren Kentuckyers. Es scheint, dass die Sache in Schottland später fallen gelassen worden ist, dagegen neuerdings in England Aussicht auf Fortführung hat.

In Belgien ist die Angelegenheit von der meteorologischen Zentralstelle in Uccle selbst in die Hand genommen worden, wie man aus einem Bericht von J. Vincent ersieht, der im „Annuaire de l'Observatoire de Belg. pour 1900" erschienen ist. Im Laufe des Jahres 1899 ist unter Leitung des Genannten eine Reihe von Drachen gebaut und versucht worden, vorläufig noch ohne Instrument, weil die Mittel zu dessen Anschaffung nicht ausreichten. Der Bericht enthält zugleich eine bequeme Chronologie der Entwicklung der Drachensache und eine Uebersicht der Litteratur derselben.

In Oesterreich sind seit 1898 Vorbereitungen im Gange, mit einem Drachen neuen Systems Instrumente in grosse Höhen zu tragen. Herr Ingenieur Hugo L. Nikel hat nach dem Prinzip des „Drachenfliegers" von Herrn Kress, aber mit weit mehr Flügeln, einen Drachen entworfen und erbaut, dessen erstes Exemplar von 12.2 qm Fläche, wie in verschiedenen Blätter berichtet worden ist, am 19. August 1898 mit sehr gutem Erfolg an einer Leine von 320 m bei leichtem Winde geflogen ist. Daraufhin ist von der Wiener meteorologischen Zentralanstalt ein solcher von 22 qm Fläche bestellt worden. Ob derselbe sich für grosse Höhen und in starkem Winde bewähren wird, erscheint wegen seiner grossen Biegsamkeit zweifelhaft.

In Deutschland ist, so viel mir bekannt, nach den auf die Luftelektrizität gerichteten älteren Untersuchungen von Prof. Leonh. Weber*) die Verwendung von Drachen für wissenschaftliche Zwecke erst im Jahre 1898 ungefähr gleichzeitig von der Seewarte und von den Luftschifffahrts-Vereinen in Strassburg und Chemnitz in die Hand genommen worden. Beim Eintritt des Winters waren alle drei Stellen ungefähr zu demselben Stadium der vorbereitenden Schritte gelangt, nämlich zum Steigenlassen von Malay- und den ersten Hargrave-Drachen, einzeln und in Gespannen, mittels Stahldrahts und Winde in Höhen von einigen hundert Metern, aber noch ohne meteorologische Instrumente. In Chemnitz und Strassburg scheint die Sache indessen nicht weiter verfolgt worden zu sein; der Fortgang der Versuche der Seewarte soll am Schluss dieses Abschnittes kurz geschildert werden.

Etwas später, als an den genannten Orten, aber von vorn herein mit sehr grossen Mitteln und nach einem grossen Plane wurde die Drachensache in Berlin aufgenommen. Im Frühling 1899 wurde hier als Fortsetzung der eingangs erwähnten grundlegenden Berliner wissenschaftlichen Ballonfahrten eine aeronautische Abtheilung am Preussischen Meteorologischen Institut gegründet, in welche die beiden Hauptträger jenes Unternehmens, Prof. Assmann als Vorstand und Herr Berson als erster Assistent übertraten; das weitere Personal der Abtheilung besteht ausser einem zweiten wissenschaftlichen Assistenten und einem Schriftführer, aus einem Ballonmeister, zwei Ballongehülfen und mehreren weiteren ständigen oder temporären Hülfskräften. Die beiden erstgenannten Herren wurden zur Erlernung der meteorologischen Drachentechnik im Sommer 1899 nach Trappes gesandt und hierauf nach deren Plänen der Bau und die Ausrüstung eines aeronautischen Observatoriums in der Nähe von Berlin in Angriff genommen. Aeussere Rücksichten bedingten hierbei die Wahl eines leider ziemlich ungünstigen Platzes an der Nordwestseite der Stadt, neben dem Gelände der Militär-Luftschiffer, in der Jungfernhaide, S von Tegel und W von Reinickendorf. Hier ist neben einem Dienstgebäude mit Bureauräumen und einigen Wohnungen eine Ballonhalle von 16×10×8 m Ausmaass und ein 25 m hoher Thurm zur Aufnahme der Winde und zum Emporlassen der Drachen**) er-

*) Elektrotechn. Zeitschrift 1886, 1889 und 1892.

**) Vergl. R. Assmann im Juli- und Augustheft 1900 der Zeitschrift „Das Wetter", wo man auch eine anschauliche Schilderung der Schwierigkeiten des Drachenbetriebes und des merkwürdigen Aufstieges vom 26. Juli 1900 findet, in welchem mit Hülfe von 5 Hargrave-Drachen und 7120 m Draht von 0.8 bis 1.0 mm Durchmesser eine Höhe von 4255 m erreicht wurde, aber durch Nachgeben einer Splissung die Drachen mit 6250 m Draht eine Reise nach Südosten antraten, die sich für die beiden obersten durch wiederholtes Sich-Verankern und wieder Losreissen bis auf 140 km ausdehnte. Sie wurden hinter

Digitized by Google

baut. Wie bedeutend die Dimensionen dieses Unternehmens sind, erkennt man schon daraus, dass an einmaligen Ausgaben für die erste Einrichtung 50000 M. bewilligt waren und dass der Thurm 7500, die Winde ausserdem ca. 4000 Mark gekostet haben; weitere grosse Nachbewilligungen standen in Aussicht.

Diese grosse Anlage ist von vornherein nicht auf Drachen allein, sondern auch auf den schon erwähnten von den Herren v. Siegsfeld und v. Parseval erfundenen Drachenballon berechnet, der bei schwachem Winde die Drachen ersetzen soll. Der Plan, beide Vehikel gleichzeitig an derselben Leine hinaufzulassen, scheint bis jetzt nur ausnahmsweise zur Ausführung gekommen zu sein und verspricht auch wohl kaum grosse Erfolge für die Zukunft; dass aber bei der geringeren mittleren Windstärke im Binnenlande viele Wetterlagen für einen Betrieb mit Drachen ausgeschlossen sind, wenn nicht wenigstens für die untersten Luftschichten Ballonhülfe in einer oder der anderen Form hinzugezogen werden kann, unterliegt keinem Zweifel.

Ausser Drachen und Drachenballons gehören auch, wie in Trappes, Registrirballons zum Studium der höchsten Luftschichten in das Programm des Berliner Aeronautischen Observatoriums, eine Technik, die ja ebenfalls bereits höchst interessante Resultate ergeben hat und weitere zu geben verspricht. Der erste solche unbemannte „ballon sonde" mit Meteorograph wurde bekanntlich am 21. März 1893 von Hermite und Besançon bei Paris aufgelassen. Im Sommer 1894 begannen die entsprechenden Ballonflüge vom Berliner Verein zur Förderung der Luftschiffahrt, deren einer, am 27. April 1895, den Registrirapparat bis zur erstaunlichen Höhe von 21800 m brachte.

Drachen zum Heben von Menschen. Bevor wir uns den meteorologischen Drachenversuchen der Seewarte zuwenden, wollen wir einen kurzen Blick noch auf eine andere Anwendung der Drachen werfen, die ebenfalls in den letzten Jahren in Angriff genommen worden ist.

Die Verwendung der Drachen zum Heben von Menschen ist in den letzten Jahren von militärischer Seite in England und Russland zu ziemlich befriedigenden Ergebnissen ausgebildet worden. Von den Versuchen in Russland, die von den Abtheilungen der Luftschiffertruppe in Petersburg und in Polen ausgingen, ist wenig an die Oeffentlichkeit gelangt; doch sind im Herbst 1898 auf der Russischen Naturforscher-Versammlung in Kiyef, neben den von Herrn Kuznetsôf vorgeführten meteorologischen Drachen des Central-Observatoriums, auch grosse Drachen des Luftschiffer-Parks in Thätigkeit gewesen, mit denen die Theilnehmer sich in einem Korbe um mehrere Faden über den Boden heben lassen konnten. Nach freundlicher brieflicher Auskunft von Herrn Kuznetsôf geschah dies unter der Leitung des Herrn Lieut. Ulyanin aus Warschau mit Hülfe von nur zwei enormen Hargrave-Drachen von 40 und 60 qm Tragfläche. Nach der Darstellung in der russischen meteorologischen Zeitschrift (Met. Viéstnik, Sept. 1898, S. 402) dagegen geschah die Hebung der Personen durch ein Gespann von fünf der gewöhnlichen, den englischen nachgebildeten, sechseckigen Drachen des St. Petersburger Luftschiffer-Parks, jeder zu 10 qm Oberfläche. Es scheint also beides abwechselnd geschehen zu sein.

Genauere Aufschlüsse liegen über die Versuche in England vor durch mehrere Berichte des Hauptmanns, jetzt Obersten, B. Baden-Powell, der diese Versuche unternommen und mit einem grossen Aufwand von Zeit und Mühe zu einem befriedigenden Ergebniss geführt hat, und zwar nach mehr als zehnjährigen geduldigen Bemühungen, die er kurz und humorvoll in einem Vortrage vor der „Aeronautical Society" in London geschildert hat.*) Im Laufe derselben war er im Jahre 1894 zum Bau eines Drachens von 11 m Länge gelangt, hat aber später vorgezogen, mehrere hintereinander gespannte Drachen von ca. $3^1/_2$ m Länge und ca. 12 qm Fläche zu verwenden; vier oder fünf solche Drachen genügen, um einen Mann zu heben. Herr Baden-Powell verwendet ausschliesslich einflächige Drachen. Die Form, auf der er nach langem Experimentiren stehen geblieben ist, ein Sechseck, findet man im 4. Abschnitt dieses Berichts dargestellt, während im 7. auf seine werthvolle Instruktion zur Behandlung der Drachen näher eingegangen werden soll.

Die Drachenstation der Seewarte. Meine eigenen Versuche begannen im Juli 1898, nachdem mein dahingehender Antrag von der Direktion der Seewarte genehmigt und mir 600 M. für diesen Zweck zur Verfügung gestellt worden waren, mit dem Bau einiger Malay- und eines Hargrave-Drachens und der

Forst in der Lausitz aufgefunden. Leider kam bei diesem höchst interessanten Aufstieg auch ein Knabe durch den nachschleppenden Draht zu Schaden, was zur Folge hatte, dass der Veranstaltung weiterer Aufstiege auf dem Observatorium ausserordentliche Beschränkungen auferlegt wurden. In den Sommern 1900 und 1901 war es mir vergönnt, das Observatorium wiederholt zu besuchen und seine Einrichtungen durch mehrtägigen Aufenthalt genau kennen zu lernen.

*) The Aeronautical Journal, January 1899.

Digitized by Google

Bestellung eines passenden fahrbaren Haspels. Als Anleitung diente dabei besonders die damals eben erschienene Abhandlung von Fergusson über die Drachenversuche auf dem Blue Hill.*) Die Drachen hatten nur 1¼ bis 2 qm Tragfläche und mussten vorläufig an Schnur aus der Hand aufgelassen werden. In etwas grösseren Dimensionen konnten diese Versuche erst vom 9. September an ausgeführt werden, nachdem die Winde geliefert worden war und ich eine bezahlte Hülfskraft für einige Wochen erhalten hatte. Bis dahin hatte die freiwillige Hülfe von Knaben und Familienmitgliedern ausreichen müssen. Nun konnte Stahldraht als Drachenleine zur Verwendung kommen und konnten die Drachen zu Gespannen bis zu 6 qm Gesamtfläche vereinigt werden. Während die vorhergehenden Versuche auf verschiedenen frei gelegenen Plätzen im NW von Hamburg-Altona stattfanden, von denen der Altonaer „Alte Exerzierplatz" neben der Kieler Bahn der geeignetste war, geschahen die weiteren ausschliesslich auf dem Spielplatz auf der „Hohen Weide" in Eimsbüttel, weil der daneben gelegene Knabenhort die Möglichkeit bot, die Winde und das übrige Material ohne allzuviel Zeitverlust in Sicherheit zu bringen. Die Möglichkeit, den Eimsbütteler Knabenhort, durch das Entgegenkommen seines Vorstandes, als Unterkunftsraum sowohl wie als Werkstatt zu benutzen, war für die Versuche in diesem ersten Stadium derselben von entscheidender Bedeutung.

In dieser Weise wurde vom 3. September bis zum 15. Oktober abwechselnd mit Drachen experimentirt und Drachen gebaut. In den folgenden Monaten ruhten die Versuche, nur wurden zwei oder drei Mal kleine Drachen neuen Modells gebaut und probirt, um über einige Fragen der Technik ins Reine zu kommen. Auch nach dem Wiederbeginn der regelmässigen Arbeit, der provisorisch Ende April, definitiv aber erst Ende Juni stattfand, nahmen diese tastenden Versuche einen grossen Theil der Zeit weg, da sowohl der Bau als die Handhabung der Drachen nur nach Beschreibungen vorgenommen werden konnte, während doch viele der Einzelheiten, von denen hier der Erfolg abhängt, nur durch Augenschein schnell und sicher erlernt werden können.

Auf eine Eingabe der Seewarte an die Domänen-Verwaltung des Hamburger Staates hat die letztere im Frühjahr 1899 ein geeignetes Stück hamburger Staatslandes für die Versuche gegen jährliche Zahlung einer blossen Rekognitionsgebühr überwiesen, das zwar nur einen schmalen Streifen von ½ Hektar Fläche darstellt, aber nach Südosten mit 220 m langer Grenze an den ausgedehntesten, von Bäumen, Häusern und Wassergräben freien Wiesenkomplex grenzt, der innerhalb von 3 km Entfernung von der Seewarte zu finden ist; dessen zunächst anstossender Theil, 1¾ ha gross, ist ein kleiner Exerzierplatz für Rekruten, dessen Benutzung bei den Aufstiegen der Seewarte ausdrücklich zugebilligt ist. Fig. 1, Taf. 1, giebt einen Situationsplan dieser beiden Landstücke. Nach NW zu grenzt das Landstück der Seewarte an eine wenig befahrene Strasse (die „Schlankreye"), hinter welcher der Isebek-Kanal und weiterhin ein erst in Bebauung begriffener Theil Eimsbüttels folgen; auch von dieser Seite war also der Wind, wenigstens bis zum Sommer 1901, nur wenig behindert. Die Lage ist in der That so günstig, wie man sie inmitten einer Grossstadt selten finden kann, zudem das Landstück auch von meiner Wohnung kaum 5 Minuten entfernt ist, was eine wesentliche Bedingung für das Gelingen des Unternehmens war, da ich meine Dienstzeit nur zum Theil demselben widmen konnte.

Nach diesen Vorbereitungen konnte indessen zu den eigentlichen Versuchen erst geschritten werden, nachdem der Seewarte die nöthigen Geldmittel für diesen Zweck bewilligt waren, da im Etat derselben keine Mittel dafür verfügbar waren. Dieses geschah durch Zuweisungen aus dem Versuchsfond der Kaiserlichen Marine, durch Verfügungen des Herrn Staatssekretärs des Reichs-Marine-Amts vom 7. Juni 1899 (3000 M.), vom November 1899 (800 M.), vom Juni 1900 (3000 M.) und vom Juli 1901 (3000 M.).

Nach den für die Verwendung dieser Gelder geltenden Bestimmungen und nach deren beschränktem Betrage konnten die Arbeiten wesentlich nur in den Monaten Juli bis November gefördert werden und mussten sie im April und Mai gänzlich unterbleiben.

Zunächst wurden im Sommer 1899 auf dem erwähnten Grundstück zwei Hütten aufgestellt, eine drehbare (*a*, Fig. 1) von 2.1×2.1×2.4 m Grösse zur Aufnahme des Haspels and eine feste (*b*) von etwa 3×3×3 m Grösse, die als Aufbewahrungsort für die Drachen und als Werkstätte dienen sollte; letztere musste im Sommer 1900 auf die doppelte Grösse erweitert werden, besonders weil der ursprüngliche Plan, zusammenlegbare Drachen zu verwenden, sich als unausführbar erwies. Wenn auch noch immer ziemlich eng, genügen jetzt die Hütten dem Bedürfniss leidlich gut. Im Winter wurde ein Raum im Gebäude der Seewarte als Werkstatt benutzt.

*) In „Annals of the Astron. Observ. of Harvard-College", Vol. XLII.

Digitized by Google

Sogleich nach Bewilligung der ersten Rate im Juni 1899 sind zwei leichte Registrirapparate für Drachenzwecke in Bestellung gegeben, nämlich ein Baro-Thermo-Hygrograph bei J. Richard (Richard Frères) in Paris und ein Marvin'scher Meteorograph, der ausser diesen Elementen auch die Windgeschwindigkeit aufzeichnet, durch freundliche Vermittelung des Washingtoner Weather-Bureaus bei Schneider Brothers in New-York.*) Zugleich mit diesem wurde auch ein Original-Drachen des letzten, ebenfalls von Marvin herrührenden Weather-Bureau-Modells in Washington in Auftrag gegeben. Leider kam dieser, $6^1/_3$ qm Tragfläche besitzende Drachen erst am 14. Oktober 1899 hier an, konnte wegen Windstille erst am 25. Oktober probirt werden, und zerbrach bei diesem ersten Aufstieg im Landen 11 von seinen 44 Stöcken. Nachdem aber diese genau nach dem nun vorhandenen Muster wieder hergestellt waren, hat sich dieser Drachen in sehr zahlreichen Aufstiegen vortrefflich bewährt; es sind seitdem nur wenige Aufstiege erfolgt, an denen er nicht betheiligt war. Beschädigungen beim Landen konnten durch zunehmende Uebung und durch die Verwendung eines kleineren, an den Rücken des grossen befestigten Tragedrachens mehr und mehr vermieden werden. Zudem ist gerade die leichte Reparatur vorkommender Schäden ein Hauptvorzug dieses Drachens, weil die einzelnen Stöcke leicht ersetzt werden können, ohne die Spanndrähte verändern zu müssen. Einen Monat nach Ankunft des Washingtoner Drachens erhielt die Seewarte durch die Güte des Herrn Teisserenc de Bort auch einen Musterdrachen aus Trappes, sodass nun für den Bau weiterer Drachen zwei erprobte Modelle vorhanden waren. Die bis dahin hier gebauten Drachen hatten sich, wegen zu grosser Biegsamkeit, nicht stabil genug erwiesen.

Aus diesen Gründen konnten erst im September 1899 einige wenige Aufstiege mit dem Instrument von Richard riskirt werden und erst vom 8. November an wurden solche häufiger wiederholt. Die zahlreichen vorher vorgenommenen Proben galten der Orientirung über die verschiedenen bei den Versuchen vorkommenden Eventualitäten und waren insofern sehr werthvoll, als sie die nöthige Erfahrung im Exerziren mit Drachen gaben.

Ueber die Aufstiege der Jahre 1899 und 1900 findet man einiges Nähere in den Jahresberichten der Seewarte für diese Jahre im Abschnitt XII (Wissenschaftliche Arbeiten, unabhängig von den einzelnen Abtheilungen). Aufstiege mit Meteorograph haben in diesen Jahren nur in den Monaten August bis Dezember stattgefunden, und vertheilten sich über die einzelnen Monate, wie folgt:

	August	Septbr.	Oktbr.	Novbr.	Dezbr.
1899.....	0	3	3	7	1
1900.....	4	4	6	2	3

Im Jahre 1899 wurde stets der Meteorograph von Richard benutzt, und zwar in einer Entfernung von 100 bis 300 m vom Drachen, an kurzer Schnur an den Drachendraht angeklemmt, wenn erst der Drache zum ruhigen Stehen gekommen war. Dagegen wurde im Jahre 1900 stets der Marvin'sche Meteorograph verwendet und zwar, ausser in zwei Fällen, im Innern des Drachens festgebunden. Wie sehr das Instrument an diesem Ort vor Beschädigungen geschützt ist, hat sich in zwei Fällen gezeigt (1. Sept. und 8. Nov. 1900), wo der Drache, durch Bruch des Drahtes dicht unter ihm, weggeflogen ist und aus 1490 bezw. 1760 m Höhe das Instrument unverletzt herabgetragen hat. Eine genauere Beschreibung dieser beiden, flugtechnisch sehr interessanten Fälle habe ich im „Prometheus“, No. 589 und 590 gegeben.

Das Personal der Drachenversuche bestand, ausser dem Verfasser dieses Berichts, im Jahre 1899 sowie von Mitte November 1900 an nur aus einem ständigen Arbeiter, vom Juli bis November 1900 waren deren zwei eingestellt. Gelegentliche Hülfe zu den grösseren Aufstiegen wurde ausserdem zuweilen herangezogen und stundenweise bezahlt. Sehr störend war dabei, dass nicht nur in dieser gelegentlichen Hülfe, sondern auch in den ständigen Arbeitern mehrfache Wechsel stattfinden mussten, einerseits weil die Geldmittel nicht ausreichten, um die Kräfte andauernd zu beschäftigen, andererseits weil der im Sommer 1899 gut eingeübte Arbeiter unheilbar erkrankte. Es musste daher der Unterzeichnete, nachdem er selbst aus Beschreibungen und durch eigene, z. Th. üble Erfahrung die eigenartige Technik sich angeeignet hatte, in jedem Sommer neue Personen anlernen. Erleichtert wurde dies übrigens dadurch, dass es sich meist um Seeleute handelte, denen die kleinen Künste des Laschens, Knotenschlagens, Schnitzens u. s. w. schon geläufig

*) Ausserdem wurde ein mittels elektrischer Klingel registrirendes Anemometer von Zschau für den Drachenplatz angekauft.

Digitized by Google

waren, und die auch auf Wind und Wetter zu achten gewohnt sind. Immerhin kostete das Erlernen theilweise ganz neuer Manöver nicht wenig Zeit und Mühe, besonders da beim Aufsteigen und Landen der Drachen sachverständiges Handeln an zwei um 50, 100 und mehr Meter auseinander liegenden Punkten erforderlich ist.

Ueber die gemachten Aufstiege und die dabei angewandten Methoden findet man Angaben in den weiteren Kapiteln dieses Berichts. Der ganze Dienst hatte, wie auch die bewilligten Geldmittel, den Charakter eines Provisoriums, dessen Zweck die Gewinnung der für ein späteres Definitivum nöthigen Erfahrungen und Methoden war. Eine Reihe kleinerer Unfälle, namentlich aber ein solcher am 5. Dezember 1899, so wie der von Assmann im „Wetter" 1900, Heft 8, beschriebene Vorfall auf dem Berliner Observatorium am 26. Juli 1900, belehrten über die Gefährlichkeit eines solchen Betriebes an der Luvseite einer grossen Stadt mit elektrischen Strassenbahnen u. s. w. In dem Falle vom 5. Dez. 1899 hat das vom fortgeflogenen Drachen mitgeschleppte 300 m lange Stück Stahldraht sich am entgegengesetzten Ende Hamburgs, 5 km vom Aufstiegsort, über die Starkstromleitung der Strassenbahn gelegt und zwei Pferde durch den elektrischen Schlag, zum Glück nicht erheblich, beschädigt. Da eine Verlegung des Platzes während der Dauer des Provisoriums nicht möglich war, so ergab sich hieraus die Nothwendigkeit, die Wahrscheinlichkeit eines ernsteren Unfalls durch Einschränkung der Zahl, der Dauer und namentlich der Höhe der Aufstiege möglichst klein zu halten, soweit der Zweck des Ganzen auch bei dieser Einschränkung erreicht werden konnte. Die Versuche sind deshalb fast nur bei Winden von 5 bis 10 m pr. Sek. und in Höhen nicht über 1800 m gemacht worden. Dennoch ist noch zweimal (1. Sept. und 8. Nov. 1900, s. oben) ein Wegfliegen des Drachens erfolgt, glücklicherweise ohne Schaden; die Ursache des Abreissens wurde erst bedeutend später entdeckt (s. Kapitel 6).

Auch aus einer anderen Ursache konnte eine möglichste Ausnutzung jeder Gelegenheit zu Drachenaufstiegen, wie sie in meteorologischer Hinsicht wohl wünschenswerth gewesen wäre, hier zur Zeit nicht angestrebt werden, weil nämlich meine Zeit auch anderweitig dienstlich besetzt war und ich, in Ermangelung eines Vertreters, keinen Aufstieg, bei dem Stahldraht und Meteorograph in Verwendung kamen, in meiner Abwesenheit habe vornehmen lassen.

In den Monaten April bis Juli 1901 wurde unter meiner Leitung die Drachen-Ausrüstung für die Deutsche Südpolar-Expedition hergestellt. Es wurde einerseits in einer hiesigen Maschinenfabrik ein geeigneter Haspel für den Handbetrieb gebaut, andererseits die nöthigen Drachen — drei grosse, ein mittlerer und drei kleine Hargrave-, zwei Treppen- und drei Malay-Drachen — fertiggestellt und probirt und die übrigen nöthigen Ausrüstungs-Gegenstände bestellt oder angefertigt. Gerade in dieser Zeit kamen einige Verbesserungen zur Reife, besonders durch die Erfindung der Treppendrachen und der Schlangenkausch, durch die der meteorologische Drachenbetrieb hoffentlich werthvolle Erleichterungen haben wird. Nachdem im Juli 1901 wiederum 3000 ℳ für das Etatsjahr 1901/02 vom Reichs-Marine-Amt für diese Sache bewilligt worden waren, konnten diese Versuche bis zum Ende Oktober weiter verfolgt werden. Aufstiege mit Meteorograph wurden 1901 nur 5 im September, je 3 im April und Juni, 2 im Oktober und je 1 im Februar, März Mai und August gemacht.

Der oben bezeichnete Zweck des Provisoriums kann gegenwärtig als erreicht gelten. Die Durchführbarkeit des meteorologischen Drachendienstes für die Seewarte ist erwiesen, die technischen Schwierigkeiten sind entweder überwunden, oder die Wege zu ihrer Ueberwindung klargelegt, und eine Reihe von Gesichtspunkten für die zweckmässige Ausgestaltung eines solchen Dienstes im Rahmen der Seewarte ist gewonnen. Als Ueberleitung zu einem Definitivum erscheint der Drachendienst zum ersten Male für 1902/03 auf dem Etat der Seewarte, freilich nur mit einer kleinen Summe. Verhandlungen mit der Finanz-Deputation der freien Stadt Hamburg sind eingeleitet, um ein sehr geeignetes Landstück in vortrefflicher Lage an der Ortsgrenze von Hamburg für diesen Betrieb zur Verfügung zu erhalten; es ist zu hoffen, dass im Frühling die Uebersiedelung der Drachenstation nach diesem neuen Platze wird stattfinden können, an welchem die Versuche wenigstens bei allen Winden von der Westseite des Horizontes mit unvergleichlich geringerem Risiko stattfinden werden, als auf dem jetzigen. Von da an sollen die Aufstiege, so weit es die verfügbaren Mittel und der Wind gestatten, so oft als möglich stattfinden. Eine ausreichende etatsmässige Einrichtung des Drachendienstes, zunächst für Hamburg, ist für das Jahr 1903 in Aussicht genommen. Weiterhin wird es wünschenswerth sein, ein oder zwei solcher Stationen an der übrigen deutschen Küste in Gang zu setzen. Das Tempo dieser Entwickelung kann ein langsames sein, da auch die Verwendung der gewonnenen Daten

Digitized by Google

zur Beurtheilung der Wetterlage und also auch zur Wetterprognose nur allmählich erlernt werden wird. Dass dem Studium der freien Atmosphäre in der Meteorologie und in der Wetterprognose die Zukunft gehört, daran kann trotz aller gelegentlichen Rückschläge und Enttäuschungen kein Zweifel sein.

2. Abschnitt.

Stellung der Aufgabe. Zusammenhang zwischen Höhe und Steigwinkel, Zug, Windgeschwindigkeit u. s. w.

Die Kettenlinie. Die Aufgabe der Drachen in der Meteorologie ist stets die Erreichung einer gewissen, meistens einer möglichst bedeutenden Höhe über dem Boden. Die gleichzeitige Abtrift in horizontaler Richtung, die für einige andere Zwecke, z. B. im Rettungswesen zur See, werthvoll ist, hat bei meteorologischen Drachen nur die Bedeutung einer unerwünschten Nebenerscheinung, die man möglichst zu verringern trachten muss.

Im Uebrigen kann die Leistung der Drachen für die Meteorologie verschieden sein, je nachdem sie allein sich selbst heben oder Instrumente emportragen sollen. Das erstere ist z. B. der Fall, wenn mittels Drachen die Höhe der unteren Wolken oder die Windrichtung verschiedener Höhenschichten bestimmt werden soll. In der Regel aber haben die Drachen ausser ihrem eigenen Gewicht als „Nutzlast" ein Instrument in die Höhe zu tragen.

Ein Drache ist, in aeronautischer Hinsicht, ein Körper, der spezifisch schwerer als die Luft ist, aber durch die Umsetzung des horizontalen Drucks des Windes auf einer oder mehreren schiefen Ebenen schwebend erhalten wird, so lange er durch eine oder mehrere Leinen*) an der Erdoberfläche festgehalten und verhindert wird, sich mit der Luft fortzubewegen.

Die Drachenleine ist also für den Begriff des Drachens wesentlich.**) Durch die Kraft des Windes wird sie emporgetragen und gespannt. Das Gewicht der Drachenleine und der Druck des Windes auf dieselbe sind es, die einem normalen Drachenaufstieg seine Höhengrenze setzen. Die an ihrem oberen Ende schräg nach oben gezogene Leine bildet, indem ihr Neigungswinkel mit dem Horizont abwärts mehr und mehr abnimmt, infolge ihres Gewichts eine Kurve, die zwar durch den Druck des Windes auf den Draht in einer noch nicht näher untersuchten Weise beeinflusst wird, aber in der Hauptsache, namentlich bei Stahldraht, als Stück einer mathematischen Kettenlinie betrachtet werden kann.

Bezeichnen wir (Taf. 1, Fig. 2) mit A den das Instrument tragenden Theil eines einfachen Drachensystems, also den oder die an der Spitze befindlichen Drachen usw., einschliesslich des Instrumentes selbst, mit B die unter der Grenze oo befindliche Leine, bezw. den Draht, so übt A auf B einen Zug aus von der Stärke t und unter einem Winkel θ gegen den Horizont. Ein Theil dieses Zuges trägt das Gewicht des Drahtes B; ein anderer Theil überträgt sich auf den Haspel C unter einem Winkel θ' gegen den Horizont. Die vertikale Komponente dieses Zuges, der Hub des Drachens oder Drachen-Gespanns A, ist sein nützlicher Theil, der zum Tragen des Gewichts der Leine dient; die horizontale Komponente von t oder die Abtrift der Drachen ist dagegen (wenigstens bei der meteorologischen Verwerthung der Drachen) nur schädlich, da sie die Gefahr des Abreissens erhöht, also schwerere Leine nöthig macht, und zugleich die Arbeit des Einholens vergrössert.

Die Güte eines Drachens besteht darin

a) den Zug nach Richtung und Kraft möglichst gleichmässig zu machen und
b) einen möglichst grossen Prozentantheil des Zuges als Hub zu gestalten.

Aus den Eigenschaften der Kettenlinie ergeben sich nach Marvin einige praktisch wichtige Folgerungen.

Sei AO, Fig. 3, eine Kettenlinie, deren Winkel mit dem Horizont O Null, in A aber θ ist. Denken wir uns in A den Drachen, so wird, weil man aus praktischen Gründen den Steigwinkel des Drachens nicht bis auf Null sinken lässt, der Ort des Haspels nicht in O, sondern höher, etwa bei B zu suchen sein, wo dieser Winkel θ' beträgt. Die Theorie ergiebt nun — vorausgesetzt, dass die schwere Linie AB überall das gleiche

*) Unter Leine ist hier stets, ohne Rücksicht auf den Stoff, der Draht, das Kabel oder die Hanf-, Ramie-, oder SeidenSchnur verstanden, die den Drachen an die Erde fesselt.

**) Verliert er die Leine, so wird der „Drache" zum „Drachenflieger."

Digitized by Google

Gewicht w pro Längeneinheit hat und dass sie nur von der Schwerkraft beeinflusst wird — wenn die Spannung in der Richtung der Linie bei A gleich t, bei B gleich t' ist, die Winkelhöhe des Drachens, vom Haspel gesehen, gleich φ und die Länge der Kettenlinie l, die gerade Entfernung AB gleich l', die Höhe von A über B gleich h ist.

$$\cos\theta' = \cos\theta \frac{t}{t-hw} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

$$t' = t-hw = t\frac{\cos\theta}{\cos\theta'} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

$$h = \frac{t}{w}\left(1-\frac{\cos\theta}{\cos\theta'}\right) = l'\sin\varphi \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

Der Winkel θ hängt in erster Linie von der Natur des Drachens, einschliesslich seiner Bucht, ab, in zweiter Linie vom Winde. Er ist nach der Theorie unabhängig von l und h, und beträgt bei guten modernen Drachen in Winden von der geeigneten Stärke 55°—65°; er wird gewöhnlich gemessen, indem man φ bei kurzer Leine bestimmt, wenn es noch wenig kleiner als θ ist. Je weiter der Drachen emporgelassen wird, um so mehr sinkt θ' unter den Betrag von θ herab; gleichzeitig müsste, wenn der Winddruck auf die Leine nicht wäre, die Spannung im Draht AB um hw, das ist um den Betrag des Gewichts abnehmen, welches ein vom Drachen bis zum Boden herabhängender Draht derselben Natur und Dicke hätte. Ist also z. B. $h = 1500$ m, so ist, wenn Draht von 0.7 mm Durchmesser verwendet wird, von dem das Kilometer 3.2 kg wiegt, $t-t' = 4.8$ kg, und also wenn t' am Haspel zu 20 kg beobachtet wird, t am Drachen = 25 kg.

Der Werth von t/w ist begrenzt nach unten durch Null, nach oben durch die Festigkeit der Leine oder durch die Sicherheit, unter der man arbeiten will. Ist z. B. $t = 1/3$ der Zerreissfestigkeit T der Leine, so ist diese Sicherheit eine dreifache u. s. w. Bei der Wahl einer bestimmten Sicherheit sind verschiedene Ueberlegungen maassgebend: erstens ist das Material nie so gleichmässig, dass nicht einzelne Stellen merklich unter der normalen Zerreissfestigkeit zurückbleiben, besonders nach längerem Gebrauch der Leine; die Wahrscheinlichkeit für die Existenz solcher schwächerer Stellen wächst mit der Länge der Leine; zweitens muss mit der Zunahme des Winddruckes während des Aufstiegs gerechnet werden, sowohl wegen der Zunahme der Windstärke mit der Entfernung von der Erdoberfläche, als wegen möglichen Auffrischens des Windes im selben Niveau, während der Drache fliegt.

Mit den erfahrungsmässigen Werthen, um die es sich in alledem handelt, werden wir uns weiter unten beschäftigen. Zuvor wollen wir noch einige leitende Gesichtspunkte aus der Theorie der Kettenlinie gewinnen.

Ist T die Reissfestigkeit der Leine, so ist T/w deren sogen. „Reisslänge", d. h. diejenige Länge derselben Leine, in km, deren Gewicht ausreicht, diese Leine zu zerreissen. Sei der Sicherheits-Koeffizient, mit dem wir zu arbeiten wünschen, n, also $T = nt$, so bleibt, da im grossen und ganzen bei Leinen aus gleichem Material sowohl T als w deren Querschnitt proportional sind, der Bruch t/w bei gleichbleibendem n derselbe, ob wir nun grosse Drachen mit dickem Draht oder kleine Drachen mit entsprechend dünnem Draht nehmen. Hat der Drachen ausser der Leine nur sein eigenes Gewicht zu heben, so ist also h, bei gleicher Grösse der Winkel θ und θ', für grosse und kleine Drachen gleich, wenn nur der Durchmesser der eine, bei gleicher Natur bezw. Reisslänge derselben, entsprechend gewählt ist. Wollen wir z. B. mit dem achen nur die Höhe der Wolkendecke ermitteln, so bestimmen nur Nebenrücksichten, wie die geringere tbarkeit und geringere Stabilität kleiner Drachen, die Grenze, unter die man in der Drachengrösse nicht gehen wird, im Gegensatz zum Ballon, der unterhalb einer gewissen Grösse nicht einmal sich selbst. veige denn eine ausreichende Leine emportragen kann. Hat der Drache ein Instrument emporzu- so muss er allerdings eine gewisse Grösse haben, — der Erfahrung nach genügen 4—7 qm für 1 kg . Eine weitere Vermehrung der Drachenfläche nutzt aber auch dann nur wenig, da mit dem wachsen- h w vergrössert werden muss, wenn man mit derselben Sicherheit n arbeiten will.*)

*) betrachtet es oft als etwas Selbstverständliches, dass mit grossen Drachen grössere Höhen und mit dickerem e Sicherheit zu erreichen ist. Beides trifft aber nur mit Einschränkungen zu.

Digitized by Google

Will man dieselbe Höhe h mit einem grösseren n, also mit kleinerem t erreichen, so ist dies nach der Formel (3) nur möglich, indem man den Bruch $\frac{\cos\theta}{\cos\theta'}$ kleiner werden lässt; dies geschieht am vortheilhaftesten dadurch, dass man θ vergrössert; ist aber θ schon so gross, dass es durch keine Verbesserung des Drachens mehr wachsen kann, so muss θ' verkleinert werden, was aber, da der Cosinus bei kleinen Winkeln nur langsam sich ändert und nicht mehr als 1 werden kann, nur in beschränkten Grenzen möglich ist; ist einmal θ unter 20° hinabgesunken, so gewinnt man durch weiteres Ablassen von Draht nur wenig an Höhe; denn der Weg, den der Drachen beim Auflassen beschreibt, ist (vgl. Fig. 4) bei unverändertem Winde, die Umkehrung der Kettenlinie BCA, nämlich die Kurve BDA.

In derselben Figur bildet die Visierlinie des Drachens AB mit der Horizontalen BE den Winkel φ, während die Kettenlinie mit der letzteren an ihrem oberen Ende den Winkel θ, am unteren den θ' bildet. Für die zwischen der Kettenlinie und deren Sehne AB entstehenden Winkel σ und σ' leitet Marvin*) aus dem Gesetz der Kettenlinie einen komplizirten Ausdruck und eine kleine Tabelle ab. Es möge genügen, einige Hauptwerthe, aus seinen Verhältnisszahlen in eine zur Verwendung bequemere Form umgerechnet, hier wiederzugeben, um einen Anhalt darüber zu geben, wie man aus den beobachteten φ und θ' den besonders interessanten Winkel θ der Leine beim Drachen berechnen kann.

Der Winkel σ zwischen der Kettenlinie und ihrer Sehne am oberen Ende ist kleiner als der Winkel σ' an deren unterem Ende um folgende Grössen:

wenn $\sigma' = \varphi - \theta' =$	2°	4°	6°	8°	10°	12°	14°	20°
und $\theta =$ 50° . .	0°1	0°4	0°7	1°2	1°7	2°3	2°8	4°8
oder $\theta =$ 60° . .	0°1	0°5	1°0	1°6	2°3	3°0	3°9	6°6

In der folgenden Tabelle sind für eine Anzahl von Aufstiegen in Hamburg die bei verschiedener Länge l der Leine — beim Beginn und beim Höhepunkt oder vor dem Aussersichtkommen des Drachens — gemessenen Winkel φ und θ' und die daraus nach obiger Tabelle berechneten Winkel θ zusammengestellt; zum Vergleich daneben die Werthe von $\varphi+\sigma' = \varphi+(\varphi-\theta')$, die wahrscheinlich bei der vom Wind gedrückten Leine dem wirklichen Werthe von θ näher kommen, als die aus der Formel berechneten.

Nur einfache, keine zusammengesetzten Kettenlinien sind in die Tabelle aufgenommen.

Datum	l	φ	θ	θ ber.	$\varphi+\sigma'$	l	φ	θ	θ ber.	$\varphi+\sigma'$
29. 8. 1899	600 m	43°	38°	47°	48°	1300 m	40°	33°	46°	47°
2. 9. »	400 »	43	37	48	49	1000 »	40	32	47	48
13. 9. »	400 »	42	35	48	49	1000 »	33	17	45	49
13. 9. »	500 »	40	30	48	50	700 »	36	22	47	50
10. 10. »	700 »	40	33	46	47	2200 »	28	23	32	33
8. 11. »	800 »	41	37	45	45	1140 »	38	32	43	44
9. 11. »	630 »	53	47	58	59	1700 »	42	30	52	54
10. 11. »	500 »	40	33	46	47	1140 »	34	24	42	44
27. 11. »	300 »	58	55	61	61	1500 »	45	34	54	56
17. 8. 1900	300 »	45	44	46	46	800 »	34	24	42	44
22. 8. »	300 »	57	51	62	63	2000 »	46	28	60	64
25. 8. »	250 »	58	55	61	61	2800 »	35	12	50	58
27. 8. »	700 »	50	46	54	54	1230 »	44	34	52	54
1. 9. »	400 »	52	46	57	58	1500 »	46	34	55	58
12. 9. »	600 »	57	52	61	62	1500 »	43	23	56	63
21. 9. »	650 »	52	50	54	54	1500 »	43	34	50	52
30. 10. »	400 »	54	46	61	62	2350 »	45	24	59	66

Man sieht, dass während die Winkel φ und θ' regelmässig beim Auslassen weiterer Leine abnehmen, der berechnete Winkel θ und noch mehr der Winkel $\varphi+\sigma'$, ziemlich unverändert bleiben, obwohl sie in verschiedenen Aufstiegen sehr verschieden sein können. Letzteres ist zum Theil durch Verschiedenheit der Drachen bedingt: die in den ersten 5 hier aufgeführten Aufstiegen verwendeten unvollkommeneren Drachen haben kein

*) Kite experiments at the Weather Bureau, S. 108—109.

Digitized by Google

grösseres θ als 48° ergeben; es waren in den zwei ersten und dem fünften Aufstieg Gespanne von 2 bis 3 Malay-Drachen, im dritten und vierten ein selbstgemachter Kastendrachen. Aber auch bei den weiteren Aufstiegen, bei denen der Originaldrachen aus Washington zur Verwendung kam, gehen die berechneten θ, die meist 50°—62° betragen, dreimal auf 42°—43° herunter. In den beiden ersten dieser Fälle (8./11. u. 10. 11.) war die „safety line" von Marvin offenbar schon im Anfang gebrochen; am 17. 8. 1900 herrschte leichter Ostwind. In allen Fällen nach Mitte November 1899 kam eine elastische Bucht zur Verwendung und ist die, Versuchs halber, noch daran gelassene „safety line" nicht mehr gebrochen.

In allen Fällen der obigen Tabelle hat die Rechnung bei längerer Leine ein kleineres θ ergeben, als bei kurzer. Man kann mit Zuversicht annehmen, dass dies nicht der Wahrheit entspricht, sondern nur dem Umstande zuzuschreiben ist, dass in der vom Wind gedrückten Kettenlinie σ nicht, wie in der zu Grunde gelegten reinen, kleiner, sondern mindestens gleich ist σ'. In der That giebt die einfache Summe $\varphi+\sigma'$ bei Drachenaufstiegen eine konstantere Grösse und damit einen wahrscheinlicheren Werth für θ, als der aus der reinen Kettenlinie folgende ist, wie ein Blick auf die Tabelle zeigt. Im Mittel der Aufstiege mit elastischer Bucht ergiebt sich $\varphi+\sigma'$ bei kurzer Leine = 58°, bei langer 57°, während das aus der reinen Kettenlinie berechnete θ bei kurzer = 57½°, bei langer = 53° sich stellt. In der Summe $\varphi+\sigma'$ hat man also ein sehr einfaches Mittel, den wahrscheinlichen Werth von θ festzustellen.

Zusammengesetzte Kettenlinie bei Verwendung von Hülfs- oder Nebendrachen. Hat der Drache eine Höhe erreicht, bei welcher der Abgangswinkel des Drahtes θ' auf den Werth herabgesunken ist, den man sich, je nach den örtlichen Umständen etc., als Grenze gesetzt hat, z. B. auf 20°, so giebt es, wenn man von einer festen Station und nicht etwa von einem Schiffe oder dergleichen aus operirt, kein anderes Mittel, ihn höher zu bringen, als die Hinzufügung weiterer Drachen, die in passender Weise an der Leine befestigt sind und diese tragen helfen. Hat aber die Spannung t am Drachen gleichzeitig einen Werth, den man nicht überschreiten will, so darf der neue Drachen nur den Zug $t-t'$ ausüben, wenn man auch unter ihm den gleichen Draht benutzen will. Dieser Werth ist im allgemeinen zu klein, um ein solches Verfahren praktisch erscheinen zu lassen. Man wird in der Regel vorziehen, einen etwas grösseren Drachen zu nehmen und entsprechend dem stärkeren Zuge zugleich zu stärkerem Draht überzugehen.

An die erste Kettenlinie setzen wir also eine zweite an. Aber diese beginnt unter einem minder günstigen Winkel, als die erste, und kann daher auch viel weniger Höhe liefern, als jene. Die Arbeit des Einhievens aber, mit der jedes Meter Höhe erkauft wird, ist dabei für jede folgende Kettenlinie beträchtlich grösser, als für die vorhergehende, erstens durch die Hinzufügung neuer Drachen und zweitens durch die Verringerung des Winkels, den der Draht mit dem Horizont bildet. Denn diese Arbeit ist gleich der jeweiligen Spannung, dividirt durch den Sinus dieses Winkels. Innerhalb jeder Kettenlinie wird die Aenderung des Winkels theilweise durch die Abnahme von t' kompensirt: die Arbeit pro Meter Höhe muss — immer eine reine, nur von der Schwere beeinflusste Kettenlinie vorausgesetzt — von $\theta'=60°$ bis $\theta'=45°$ sogar um 15% abnehmen, dann wieder zunehmen und bei $\theta'=30°$ wieder 15%, bei $\theta'=20°$ schon 56% grösser sein, als bei $\theta'=45°$.

Um uns die Verhältnisse einer zusammengesetzten Kettenlinie, vom Winddruck auf den Draht abgesehen, zu veranschaulichen, wollen wir einen einfachen Fall nehmen. Es werde jedesmal, wenn der Abgangswinkel des Drahtes auf einen gewissen Grenzwerth herabsinkt, durch Hinzufügung neuer Drachen der Zug im Draht verdoppelt und zugleich ein stärkerer Draht genommen, so zwar, dass der Bruch t/w stets auf denselben Werth zurückgebracht werde, den er am obersten Drachen besitzt. Der Winddruck sei in der ganzen Atmosphäre und während der ganzen Dauer des Versuchs derselbe. Die unteren Enden der Kettenlinien l_1, l_2, l_3, l_4 bilden mit dem Horizont, nach dem Wortlaut der Aufgabe, überall denselben Winkel θ'; die Drachen ziehen ebenfalls überall unter demselben Winkel θ, aber nur bei l_1 ist dies auch der Winkel, unter dem das betr. Glied der Kettenlinie beginnt, bei den folgenden Gliedern halbirt ihr oberes Ende den Winkel zwischen der Zweigleine und dem unteren Ende des nächsthöheren Gliedes, und ist dessen Neigung also, wenn die Zweigleine kurz ist, $= \frac{1}{2}(\theta+\theta')$. Nennen wir, der Kürze halber, die immer wiederkehrenden Grössen

$$\frac{\cos\theta}{\cos\theta'} = A, \qquad \frac{\cos\frac{1}{2}(\theta+\theta')}{\cos\theta'} = B,$$

Digitized by Google

so ergeben die Gleichungen der S. 12 die Höhen

$$h_1 = \frac{t}{w}(1-A), \qquad h_2 = h_3 = h_4 = h_n = \frac{t}{w}(1-B)$$

und die Spannungen an den oberen Enden dieser Glieder

$$t_2 = 2At, \quad t_3 = 4ABt, \quad t_4 = 8AB^2t \text{ u. s. w.}$$

Die Grössen von A und B, sowie die daraus resultirenden Werthe von h_1 und h_2 für zwei Werthe von θ und drei Werthe von θ' ergiebt die folgende Tabelle:

	$\theta = 60°$		$\theta = 50°$		$\theta = 60°$		$\theta = 50°$	
	A	B	A	B	h_1	h_n	h_1	h_n
$\theta' = 30°$.....	0.577	0.817	0.742	0.885	0.423 $\frac{t}{w}$	0.183 $\frac{t}{w}$	0.258 $\frac{t}{w}$	0.115 $\frac{t}{w}$
$\theta' = 20°$.....	0.532	0.815	0.684	0.872	0.468 »	0.185 »	0.316 »	0.128 »
$\theta' = 0°$.....	0.500	0.866	0.643	0.906	0.500 »	0.134 »	0.357 »	0.094 »

Die Höhe des ersten obersten Gliedes der zusammengesetzten Kettenlinie ergiebt sich hiernach, wenn man $\theta' = 20°$ als untere Neigungsgrenze des Drahtes nimmt, als $2^1/_2$ mal so gross, wie die der folgenden Kettenglieder; bei kleineren θ' ist die Ungleichheit noch grösser; die Spannungen aber nehmen dabei zuerst langsam, dann immer schneller zu, so dass bei $\theta = 60°$, $t_2 = 1.06\,t$, $t_3 = 1.76\,t$, $t_4 = 2.87\,t$ ist. Man sieht also, wie sehr die Schwierigkeiten mit der Höhe wachsen.

Druck des Windes auf die Drachenleine. Alles dies gilt für die reine, nur durch die Schwere bedingte Kettenlinie. Durch den Druck des Windes auf den Draht wird diese Linie in einer noch nicht genau erforschten Weise verändert (vgl. Taf. 1, Fig. 6). An Stelle der Schwere tritt eine etwas grössere, schräge abwärts und nach Lee gerichtete Kraft, welche die Resultirende von Schwere und Winddruck ist. Die Richtung des Winddruckes v darf, da die Reibung der Luft am Drahte geringfügig ist, als annähernd rechtwinklig zum Draht angenommen werden; seine Grösse ist, für die Längeneinheit Draht, am oberen Ende der Leine viel grösser, als am unteren, weil an letzterem Ende eine kleinere Komponente des ohnedies hier schwächeren Windes zur Geltung kommt. Bei der vom Wind gedrückten Kettenlinie tritt also in den Formeln von S. 12 an Stelle von w die etwas grössere Kraft W, und werden die Winkel zwischen der Kraft und der Linie, anstatt $90°-\theta$ und $90°-\theta'$, grösser, indem an Stelle von θ und θ' die kleineren Winkel $\theta-\eta$ und $\theta'-\eta'$ treten, wenn η und η' den Winkel zwischen der Schwerkraft und der Resultirenden von Schwere und Wind bedeuten. Da aber nach Formel (3), S. 12, das Verhältniss $\cos\theta/\cos\theta'$ für die Einheit von h bei gleichbleibendem t/w konstant ist, so ist die Aenderung der Winkel θ und θ' mit der Höhe viel schneller bei kleinen, als bei grossen Winkeln. Die Verkleinerung dieser Winkel bringt also eine stärkere Krümmung der Kettenlinie mit sich und dadurch einen Verlust an erreichbarer Höhe; in der That zeigt die Erfahrung, wie wir sogleich sehen werden, eine Abnahme des Winkels zwischen Draht und Horizont von 60° auf 20° schon bei einem um 30–40% geringeren Höhenunterschied, als es die Theorie verlangt.

Bei dem Druck des Windes auf den Draht handelt es sich ebenso, wie beim Winddruck auf den Drachen selbst, um den Strömungsdruck auf geneigte Flächen. Die horizontalen Komponenten beider Drucke summiren sich, ihre vertikalen sind entgegengesetzt. Da man in erster Annäherung den Winddruck auf geneigte Flächen der Projektion dieser Fläche auf eine zum Winde rechtwinkelige Ebene proportional setzen kann, so ergiebt sich für den Einfluss, den der auf die Leine ausgeübte Druck auf die Spannung der letzteren hat, dieselbe Abhängigkeit von h, wie für denjenigen der Schwere der Leine; nur summirt sich dieser Einfluss nach unten und nicht wie jener der Schwere nach oben; man hat also angenähert

$$t' = t - hw + hpd = t - h(w - pd) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2a)$$

wenn p der Druck auf den Quadratmeter, h und d die Vertikal-Länge und der Durchmesser des betr. Drahtstücks in Metern ist. Leider liegen keine Messungen über die Differenz zwischen t und t' vor; es wäre recht interessant und auch für die Drachenpraxis werthvoll, wenn man gleichzeitig die Spannung der Drachenleine an deren oberem und unterem Ende durch selbstregistrirende Dynamometer aufzeichnen liesse. Es ist klar, dass die Grösse $t-t'$ mit dem spezifischen Gewicht der Leine sich ändern muss: beim Stahldraht wird sie am grössten positiv, bei anderem Draht kleiner und bei Hanfschnur vielleicht sogar t' grösser als t sein.

Digitized by Google

Zur Zeit kann man aus der am Haspel gemessenen Spannung noch nicht mit Bestimmtheit die Spannung an höheren Stellen der Leine berechnen. Eine Abnahme der Spannung am unteren Ende des Drahtes beim Höherlassen des Drachens ist thatsächlich nur ausnahmsweise zu beobachten; die mir zu Gebote stehenden Anemometer-Messungen reichen aber nicht aus, um zu entscheiden, ob nicht gleichzeitig die Spannung an dessen oberem Ende, wegen Eindringens des Drachens in stärkeren Wind, bedeutend gewachsen ist.

In dieser Hinsicht nun haben dickere Drähte einen Vorzug vor dünnen, weil bei ihnen der Luftwiderstand relativ geringer ist. Denn dieser Widerstand wächst nur etwa mit der ersten Potenz des Drahtdurchmessers, während die Festigkeit beinahe, wenn auch nicht ganz, proportional mit dessen zweiter Potenz wächst. Ein senkrecht zur Windrichtung ausgespannter Draht von 0.7 mm Durchmesser stellt dem Winde auf jeden km Länge 0.7 qm entgegen, ein solcher von 1 mm Durchmesser 1.0 qm; die Zugfestigkeit des letzteren ist aber ungefähr das doppelte von jener des ersteren, er kann also eine fast doppelt so grosse Drachenfläche halten und das Verhältniss von Tragfläche der Drachen zu der abgetriebenen und niedergedrückten Fläche der Leine ist günstiger. Auf dem Blue Hill wird auf diesen Umstand für hohe Aufstiege so viel Gewicht gelegt, dass in einem kürzlich (Science, 5. Okt. 1900) erschienenen Artikel von Fergusson die Absicht erklärt wird, künftig Draht von 1.5 bis 1.6 mm Durchmesser zu verwenden, statt von 0.8 und 1.0 mm wie bisher, und die Drachenfläche dementsprechend von 30 qm auf fast das dreifache zu vermehren. Natürlich ist das Vorhandensein eines sehr kräftigen Motors und der feste Bau aller Theile des Haspels Voraussetzung, wenn man mit so grossen Spannungen arbeiten will, und ist nicht nur die erforderliche Kraftleistung entsprechend grösser, sondern kann auch im Falle eines Abreissens die mechanische Gewalt des über den Boden in Ringen hinschleifenden Drahts mehr Unheil anrichten. Ob der erstrebte Vortheil von der Anwendung dickerer Drähte sich ergeben wird, muss die Erfahrung lehren; das hängt von dem Antheil ab, den der Druck des Windes auf den Draht an der Krümmung des letzteren hat, und dieser Antheil ist noch nicht genau bekannt. Aus Fergusson's sogleich wiederzugebender Tabelle folgt, dass das Verhältniss $T : w$ mit zunehmendem Durchmesser des Drahtes abnimmt, freilich langsamer, als das Verhältniss des Längsschnitts des Drahtes zu seinem Gewicht; infolge dessen nimmt das Verhältniss dieses Längsschnittes zu T ebenfalls mit wachsendem Durchmesser ab. Welche von beiden Aenderungen aber das praktische Resultat, die Krümmung der Leine und die davon abhängige erreichbare Höhe stärker beeinflusst, muss der Versuch ergeben.

Unter allen Umständen aber ist es unvortheilhaft, eine und dieselbe Drahtstärke auf einer Länge von mehreren Tausend Metern einer Drachenleine zu verwenden, wenn zum Tragen dieser Leine neue Drachen mit Zweigleinen an dieselbe angespannt werden. Denn da die Abnahme der Spannung in der Leine durch das Gewicht des abgewickelten Theiles, soweit sie überhaupt vorhanden, jedenfalls nur langsam ist, so ist die Drahtstärke, wenn sie unterhalb dieser Nebendrachen genügend ist, oberhalb derselben unnöthig gross, was einen Verlust an erreichter Höhe bedeutet. Das wohl von Herrn Teisserenc de Bort zuerst angewandte System, bei der Hinzufügung weiterer Drachen auch zu stärkerem Draht überzugehen, ist gewiss das richtige.

Ziffermässige Werthe. Wenden wir uns nun von den blos relativen Werthen zu den absoluten, durch Theorie und Beobachtung gelieferten Zahlen.

Als Material für die Drachenleine kommt, wenn man Höhen über 600 m erreichen will, zur Zeit nur Stahldraht in Betracht, weil derselbe für die gleiche Zugfestigkeit weitaus das kleinste Gewicht und die kleinste Oberfläche aufweist. Leiten wir aus den durch Fergusson 1897 (in „Harvard Ann.“) für Hanfschnur und 1900 (in „Science“, s. oben) für Stahldraht angegebenen Werthen durch Interpolation das Gewicht und den Durchmesser für gleiche Zugfestigkeit ab, so erhalten wir folgende lehrreiche ungefähre Uebersicht:

Festigkeit in kg:		50	75	100	125	150
Durchmesser in mm	Stahldraht ...	0.48	0.57	0.67	0.76	0.86
	Hanfschnur ..	2.4	3.0	3.3	3.6	3.9
Gewicht, kg pro km	Stahldraht ...	1.2	1.9	2.7	3.6	4.6
	Hanfschnur ..	5	7	9	12	14

Wie man sieht, muss, um gleiche Festigkeit zu erreichen, Hanfschnur etwa den 5 fachen Durchmesser, also etwa 25fachen Querschnitt haben, als Stahldraht; ihr spezifisches Gewicht aber ist noch nicht 8mal geringer, also ist Schnur mehr als dreimal schwerer, als Stahldraht von derselben Zugfestigkeit. Seide hat zwar

Digitized by Google

für gleiche Festigkeit nur etwa dasselbe Gewicht wie Stahldraht, aber ungefähr dieselbe Dichte wie Hanfschnur; abgesehen von dem ungeheuren Preisunterschied, muss also schon die dreimal grössere Wirkung des Winddrucks auf die Leine auch dieses Material für Drachenleinen ausgeschlossen erscheinen lassen. Nur für kurze Verbindungsstücke ist gute Hanf- oder Ramie-Schnur nicht zu entbehren, und für Höhen unter 300 m ist sie wegen ihrer viel bequemeren Handhabung auch für die ganze Leine dem Draht vorzuziehen, der zwar, so lange er unter Spannung und trocken bleibt, ein vorzügliches Material ist, aber sobald er ausser Spannung kommt oder nass wird, grosse Vorsicht in der Behandlung verlangt.

In der Zeitschrift „Science“ vom 5. Oktober 1900 giebt Herr Fergusson eine Tabelle über die Durchmesser, Gewichte und Zugfestigkeiten von Stahldraht („Musikdraht“) nach den Angaben von zwei grossen amerikanischen Firmen, für alle Drahtnummern von 10 bis 30; ich entnehme daraus die folgenden acht Bestimmungen:

Nummer	Durchmesser mm	Gewicht kg/km	T (Zugfestigk.)	T/w
10	0.61	2.16	85	40
12	0.71	3.08	113	37
14	0.81	4.00	140	35
16	0.91	5.00	162	32
18	1.02	6.37	189	30
23	1.29	10.00	281	28
28	1.80	20.00	533	27
30	1.98	24.39	657	27

Der verzinkte Gussstahl-Klaviersaitendraht von Felten und Guilleaume, mit dem die Drachenstation der Seewarte gegenwärtig arbeitet, hat nach Mittheilung dieser Firma eine Zugfestigkeit von 220 bis 240 kg pro Quadratmillimeter Querschnitt; es ergeben sich daraus folgende Zahlen, mit denen auch die von Assmann im „Wetter“, 1900, S. 153, angegebenen Werthe übereinstimmen. Sie sind merklich ungünstiger, als die von Fergusson für unverzinkten Stahldraht angeführten, aber der verzinkte Draht ist viel angenehmer zu handhaben.*)

Durchmesser	0.7 mm	0.8 mm	0.9 mm	1.0 mm
Querschnitt.....	0.385 qmm	0.503 qmm	0.636 qmm	0.785 qmm
Zugfestigkeit (T)	85 kg	111 kg	140 kg	173 kg
Gewicht pro km (w)..	3.2 »	4.2 »	5.3 »	6.6 »

Die Grösse T/w oder die sogenannte Reisslänge beträgt also für Draht von dieser Art etwas über 26 km. Will man mindestens für t' stets mit 2facher Sicherheit arbeiten, so muss man also t'/w nicht über 13 hinausgehen lassen, also für 0.7er Draht 42 kg, für 0.8er 55 kg, für 0.9er 69 kg als Belastungsgrenze festsetzen. Ist $\theta = 60°$, so sollte dabei, wenn nichts als das Gewicht der Leine zu überwinden wäre, der Drache mit solchem Draht bei diesem Zuge $6\frac{1}{2}$ km hoch steigen können und selbst mit Hanfschnur, bei der T/w im ganzen etwa 10 beträgt, noch ungefähr $2\frac{1}{2}$ km. Thatsächlich werden jedoch nur weit geringere Höhen erreicht, solange man keine Hülfsdrachen hinzuspannt. Theilweise liegt dies daran, dass man aus Vorsicht mit viel geringeren Spannungen gearbeitet hat, als oben angenommen wurde; thatsächlich hat bei den Versuchen der Seewarte t'/w selten den Werth 7 überstiegen. Theilweise liegt es aber auch an anderen Gründen, vor allem am Winddruck auf die Leine.

Leider sind auch hierüber nur sehr wenige Beobachtungsdaten zu meiner Verfügung. Um aber wenigstens einige Anhaltspunkte zu bieten, stelle ich im folgenden diejenigen Winkel θ', bei denen entweder mit dem Einholen des Drachens begonnen oder der erste Hülfsdrachen zum Tragen des Drahtes beigespannt wurde, für 19 Aufstiege in Hamburg und 10 Aufstiege im Stationsnetze des Washingtoner Instituts zusammen. Mit Ausnahme des ersten von Hamburg sind alle diese Aufstiege mit Drachen eines und desselben Modells, jenes von Marvin, gemacht, die meisten mit einem solchen von $6\frac{1}{3}$ qm Tragfläche, einige von den amerikanischen vielleicht mit einem etwas grösseren. Bei 5 von den Hamburger Aufstiegen war 50—100 m über

*) Die älteren, in den Lehrbüchern noch dominirenden Festigkeitsbestimmungen von Frankenheim (1835) und Wertheim (1844) sind für den heutigen Gussstahldraht viel zu niedrig; ersterer fand für Stahldraht 61—121 kg, letzterer sogar nur 70 kg (im angelassenen Zustande 40 kg) pro Quadratmillimeter, also nur etwa $\frac{1}{3}$ der Festigkeit des verzinkten, $\frac{1}{4}$ von jener des unverzinkten heutigen Klaviersaitendrahtes.

Digitized by Google

diesem Drachen, an seinem Rücken, ein Malay-Drache von $1^1/_2$ bis $2^3/_4$ qm Tragfläche befestigt. Am 10. Oktober 1899 dagegen bildeten drei Malay-Drachen, hintereinander gefesselt, das Fluggespann. Der benutzte Stahldraht war in Hamburg vor dem 25. Oktober 1900 solcher von 0.8 mm Durchmesser, seitdem meist verzinkter von 0.7 mm; auf den Stationen des Weather Bureaus, soviel bekannt, durchweg unverzinkter von 0.7 mm. Dieser muss, soweit man den Winddruck auf den Draht ausser Acht lassen kann, unter sonst gleichen Umständen um 30% grössere Höhen geben, als gleicher von 0.8 mm.

Da in Hamburg, wegen der oben schon erwähnten Gefährlichkeit der Lage, überwiegend bei leichtem Winde Aufstiege gemacht wurden, so betrug die Spannung t' in der Hälfte der Fälle weniger als 20 kg. Nur in einem von diesen Fällen, am 30. Oktober 1900, wurde schon mit so schwachem Zuge eine Höhe über 1000 m erreicht; gute Flüge wurden bei $t' = 20$ bis 26 kg gemacht; eine Reihe anderer Fälle, in denen wegen zu schwachen Windes oder aus anderen Ursachen nicht einmal eine Höhe von 800 m erreicht wurde, habe ich aus der Tabelle fortgelassen. Die amerikanischen Aufstiege sind eine Auswahl, die im Jahresbericht des „Weather Bureau" für 1897/98 mitgetheilt ist. Die erreichten Höhen in ihnen sind viel günstiger, in einigen Fällen, namentlich auf der Zentralstation in Arlington bei Washington, überraschend günstig für einen einzelnen Drachen, ohne Hülfsdrachen zum Tragen des Drahtes.

In den Fällen, die in der folgenden Tabelle unter Hamburg *A* und unter Nordamerika aufgeführt sind, handelt es sich um das Stadium des Aufstiegs unmittelbar vor Beginn des Wiedereinholens des Drachens. Wegen der raschen Veränderlichkeit des Windes sind z. Th. Mittelwerthe aus mehreren Ablesungen genommen worden. Bei „Hamburg *B*" giebt der Moment vor dem Anspannen des ersten Hülfsdrachens das untere Ende der einfachen Kettenlinie und ist daher dieser aufgenommen worden. Unter q ist die Grösse der Drachenfläche in runden Zahlen angegeben.

	Datum	θ'	h	t'	q	Datum	θ'	h	t'	q
Hamburg *A*	10. 10. 99	22°	926 m	33 kg	7 qm	21. 9. 00	14°	1070 m	?	8 qm
	9. 11. »	30	1220 »	25 »	6 »	5. 10. »	33	1000 »	?	6 »
	27. 11. »	33	1100 »	?	6 »	11. 10. »	14	840 »	?	6 »
	5. 12. »	38	1050 »	?	6 »	30. 10. »	22	1300 »	18 kg	6 »
	22. 8. 00	26	900 »	14 »	6 »	6. 12. »	23	930 »	16 »	9 »
	25. 8. »	10	1400 »	21 »	6 »	6. 3. 01	14	1000 »	?	8 »

	Datum	θ'	h	t'	q
Hamburg *B*	15. 11. 99	34°	900 m	20 kg	6 qm
	27. 8. 00	22	900 »	14 »	6 »
	1. 9. »	34	1000 »	?	6 »
	22. 9. »	29	850 »	29 »	6 »
	8. 11. »	20	1230 »	26 »	6 »
	7. 12. »	20	900 »	10 »	8 »
	8. 2. 01	12	830 »	4 »	8 »

	Ort	Datum	θ'	h	l*)	t'
Nord-Amerika	Dodge	23. 6. 98	18°	1766 m	3500 m	24 kg
	»	29. 6. »	17	1455 »	2900 »	17 »
	Pierre	22. 6. »	13	1550 »	2900 »	19 »
	Lansing	11. 6. »	19	1632 »	2740 »	21 »
	Cleveland	12. 6. »	12	1613 »	2740 »	10 »
	»	26. 6. »	25	1600 »	2590 »	28 »
	Arlington	12. 5. »	21	2430 »	3660 »	34 »
	»	14. 5. »	29	1900 »	2740 »	19 »
	»	25. 6. »	30	1858 »	2740 »	25 »
	»	26. 6. »	31	1653 »	2440 »	26 »

*) Länge des Drahtes in m. Die Grösse θ' ist in einigen Aufstiegen vielleicht mit Fehlern behaftet, da sie in dem „Report" zeitweise grösser als φ angegeben wird, was unmöglich ist. Unter den Maximalhöhen ist indessen kein Fall dieser Art.

Digitized by Google

Der schöne Aufstieg zu Arlington — wie die „kite farm“ des Weather Bureau's bei Washington selbst heisst — am 12. Mai 1898 möge hier als Probe für das Verhalten der in den Gleichungen (1) bis (3), S. 12, enthaltenen Grössen während eines Aufstiegs ausführlicher Platz finden; θ und t sind unbekannt, θ jedoch wahrscheinlich sehr nahe den in der letzten Rubrik aufgeführten Werthen, d. i. $\varphi+(\varphi-\theta')$ oder $\varphi+\sigma'$.

Zeit	φ	θ'	h	l	t'	σ'	$\varphi+\sigma'$
6h 10m a. m.	37°	14°	1260 m	2134 m	16 kg	23°	60°
6 15 »	43	25	1438 »	2134 »	20 »	18	61
6 45 »	41	20	1771 »	2743 »	22 »	21	62
7 30 »	41	21	1972 »	3048 »	24 »	20	61
7 40 »	43	24	2052 »	3048 »	27 »	19	62
8 00 »	42	21	2177 »	3353 »	30 »	21	63
8 15 »	41	20	2361 »	3658 »	33 »	21	62
8 30 »	44	23	2503 »	3658 »	34 » *)	21	65
8 45 »	46	38 ?	2404 »	3353 »	33 »	8 ?	54 ?
9 00 »	46	30	1956 »	2743 »	27 »	16	62
9 22 »	53	40	1452 »	1829 »	25 »	13	66

*) also $t/w = 10.6$.

Bei den Drachenaufstiegen in Hamburg hat sich im allgemeinen — um einen ungefähren Anhaltspunkt zu geben — gezeigt, dass der Marvindrache der Seewarte von $6^1/_2$ qm Tragfläche bei einem Winde, der in Anemometerhöhe 6—10 m pro Sek. betrug, ausser dem Instrument von Kilogramm-Gewicht noch 2 km Draht von 0.8 mm Durchmesser, oder $2^1/_2$ km solchen von 0.7 mm, also etwa 8 kg Draht, trägt, ehe der Abgangswinkel des Drahtes am Haspel gegen den Horizont auf weniger als 15° herabsinkt. Die Wirkung des Instrumentes ist dabei annähernd der eines gleichen Gewichtes Draht gleichzusetzen, also $^1/_4$ km 0.8 mm-Draht oder $^1/_3$ km 0.7 mm-Draht. In der Praxis zeigt sich dabei kein merkbarer Unterschied in der Steighöhe u. s. w., ob nun das Instrument unter dem Drachen an der Leine befestigt sei oder in dem Drachen selbst.

Ausserordentlich günstig stellten sich die Verhältnisse bei dem von Assmann im Augustheft 1900 vom „Wetter“ beschriebenen Hochaufstieg auf dem Berliner Aeronautischen Observatorium am 26. Juli d. J. Zwei Drachen von zusammen nur 6 qm Tragfläche hoben unter einem Zuge t' von nicht über 30 kg 3125 m Draht von 0.8 mm Durchmesser nebst dem Apparat von 1,5 kg. Der Höhenwinkel der Drachen φ stellte sich, als bei dieser Länge eine Pause gemacht wurde, auf 47°; aus Fig. 75 in Marvin's Abhandlung oder aus Formel (27) derselben Abhandlung ergiebt sich bei $\varphi = 47°$, $\theta = 60°$ vorausgesetzt, θ' zu 27°. Obige Drahtlänge giebt unter diesen Umständen h zu 2286—30 = 2256 m; wh also zu etwas über 9 kg, t zu höchstens 39 kg, t/w also im Maximum zu etwa 9.3. Nach der Formel der reinen Kettenlinie sollte unter diesen Umständen $h = 9.3\ (1-0.56) = 4.1$ km sein; wenn wir aber θ zu 55° annehmen, wobei θ' sich zu 36° ergiebt, sollte $h = 9.3\ (1-0.71) = 2.7$ km sein, was der wirklichen Höhe schon ziemlich nahe kommt, besonders da 9.3 nur ein Maximalwerth ist, und da bei der Rechnung auf das Gewicht des am Draht hängenden Instrumentes keine Rücksicht genommen ist.

Natürlich sollen hier diese Berechnungen, wo doch θ und θ' nicht bekannt sind, nur zur ersten Orientirung über die in Betracht kommenden Grössen dienen. Das aber ergiebt sich aus dem Aufstieg vom 26. Juli direkt, dass unter günstigen Umständen 6 qm Tragfläche — und das ist auch die Grösse des Marvindrachens der Seewarte — 3125 m Draht von 0.8 mm Stärke tragen können. Vom 0.7 mm-Draht hätten sie unter diesen Umständen noch ca. 30 % mehr, also über 4000 m tragen und damit eine Höhe von 3 km erreichen können und dabei, wenn der Wind oberhalb 2256 m nicht stärker war, unter einer Spannung, die auch bei diesem Draht nur etwa $^1/_3$ der Bruchfestigkeit betragen hätte.

Auch in Hamburg konnten (am 25. August 1900) mit 6 qm Drachenfläche 3000 m von 0.8 mm-Draht emporgetragen werden, trotzdem der Wind nur mässig war und der Zug des Drachens zu nur 21 kg gemessen wurde. Dabei sank aber der Abgangswinkel des Drahtes schliesslich auf 3° herab, sodass eingeholt werden musste und der Versuch, wegen der Gefahr des Festhakens, nicht wiederholt wurde.

Da es klar ist, dass man in diesen Fällen mit derselben Spannung bei Anwendung eines leichteren Drahtes erheblich grössere Höhen hätte erreichen können bezw. die Drahtlänge durch steileren Winkel zum Horizont mehr ausgenutzt haben würde, so ist die Frage entscheidend, welche Spannungen im Draht man bei gegebener Drachenfläche zu gewärtigen hat? Da der Druck des Windes auf eine Fläche mit dem

Digitized by Google

Quadrate seiner Geschwindigkeit wächst, wenn alles sonst gleich bleibt, so müsste der Winddruck auf den Drachen mit jeder Verstärkung des Windes ganz ausserordentlich zunehmen, wenn gar keine Kompensation stattfände. Glücklicherweise erfolgt diese aber durch Flacher-Legen des Drachens mit wachsendem Winde, in geringem Grade schon bei fester Bucht, in viel höherem Maasse aber bei der von Clayton eingeführten elastischen Bucht. Nach den Berichten vom Blue Hill sollte es sogar möglich sein, diese Bucht auf einen Maximaldruck von 5 kg pro Quadratmeter Drachenfläche so abzustimmen, dass dieses Maximum auch in vollem Sturme nicht überschritten wird. Der Druck soll nämlich, nachdem sich einmal der Drachen ganz horizontal gelegt hat, nicht mehr zunehmen. Diese Annahme dürfte freilich wegen des weiter wachsenden Stirn- oder Rumpfwiderstandes allzu optimistisch sein. In einer neueren Mittheilung — Blue Hill Bulletin 1900 No. 1, S. 3 — findet Herr Clayton, dass bei Windgeschwindigkeiten von 11—19 m p. S. nach 30 Messungen der Zug der Drachen mit solcher Bucht am 23. bis 28. Februar 1900 einfach proportional war der Windgeschwindigkeit und von 39 kg bei 11 m p. Sek. auf 68 bei 17—19 m p. Sek. stieg. Es ist nicht angegeben, wie gross die Drachenfläche bei diesen Versuchen und ob sie stets dieselbe war.

Einige Beispiele aus bekannten hohen Aufstiegen mögen zur Orientirung dienen. Auf dem Blue Hill übten am 19. September 1897, als der Meteorograph 2821 m über dem Hügel schwebte, 17.8 qm Drachenfläche einen Zug von 45 bis 68 kg aus, und am 15. Oktober 1897, als derselbe 3380 m erreicht hatte, 14.2 qm einen solchen von 56 bis 68 kg; macht im ersteren Falle 2.5 bis 3.8, im letzteren 4.0 bis 4.8 kg pro Quadratmeter. Beim Aufstieg in Berlin-Tegel, am 26. Juli 1900, bei dem der Apparat die Höhe von 4255 m über dem Aufstiegsorte erreichte und die Drachen keine elastischen Buchten hatten, wurden Züge von 40 kg bei 8.8 qm, 60 kg bei 11.5 qm und 90 kg bei 13.5 qm gemessen, was 4.5, 5.2 und 6.7 kg auf den Quadratmeter Drachenfläche bedeutet.

Leider sind diese Fragen, die für die Praxis der Drachenarbeit von ausserordentlicher Bedeutung sind, noch sehr wenig geklärt. Nur um einen ersten Anhalt für die weiteren Ueberlegungen zu haben, glaube ich auf Grund meiner eigenen Erfahrungen das Verhältniss zwischen dem Zuge t (kg), der Tragefläche q (qm) und der Windgeschwindigkeit v (m pro Sek.) für einen guten Hargrave-Drachen mit elastischer Bucht als angenähert

$$t = {}^1/_3 vq$$

aufstellen zu dürfen. Für eine Geschwindigkeit des oberen Windes von 15 m pro Sek. ergiebt sich hiernach ein Zug von 5 kg pro Quadratmeter und für 6 m pro Sek. — die untere Grenze brauchbaren Windes — ein solcher von 2 kg; für 24 m pro Sek. 8 kg. Wahrscheinlich ist bei den schwächeren Geschwindigkeiten die Zunahme etwas rascher, bei den höheren etwas langsamer, als oben angegeben; der Zug des Marvin-Drachens der Seewarte hat bei verschiedenen Aufstiegen zwischen ½ kg und 8 kg pro Quadratmeter geschwankt. Welchen Antheil dabei der Winddruck auf die Leine hat, ist unbekannt.

Die Geschwindigkeit des Auslassens des Drahtes beträgt, solange dessen Abgangswinkel über 20° ist, durchschnittlich 1 m in der Sekunde; ziehen die Drachen gut, so kann man natürlich auch viel rascher auslassen, aber dann wird bald der ganze Vorgang allzu stürmisch, so dass die Leitung des Abwickelns schwierig wird und die ganze Winde in starke Erschütterungen geräth. Ist der Zug geringer, so lässt dieser bei schnellem Auslassen so nach und wird der Abgangswinkel des Drahtes bald so klein, dass man innehalten und dem Drachen Zeit zum Steigen geben muss, damit der Draht nicht irgendwo anhake. Daher wird, je mehr sich der Drache dem möglichen Höhepunkt seines Aufstiegs nähert, das Auslassen nothgedrungen immer langsamer.

Für das Einholen (Einhieven) des Drahtes gilt ähnliches, nur umgekehrt. Bei raschem Einholen nimmt die Spannung im Draht sehr zu, der Drache muss Zeit haben, um zu sinken. Auch da ist ¾ bis 1 m p. S. gewöhnlich das passendste Tempo, wenigstens bei Handbetrieb; bei Motorenbetrieb und geringer Windstärke kann auch ein schnelleres eingeschlagen werden. Pausen sind beim ersteren schon zum Ausruhen nothwendig, aber auch beim letzteren günstig, zur sicheren Ermittelung der Temperatur und Feuchtigkeit und Kontrole des Meteorographs.

Aufstiege in 1000 bis 1200 m nehmen, wenn man nicht besondere Gründe hat, die Drachen länger in der Luft zu lassen, in der Regel nur ¾ Stunde zum Aufstieg und 1 Stunde zum Niederholen in Anspruch, sowie etwas über 2000 m Draht. Die Spannung im Draht braucht, um einen Meteorographen in diese Höhen zu tragen, 30 kg nicht zu übersteigen. Man muss aber natürlich auch auf mehr gefasst sein, wenn der Wind stärker als erwünscht ist. Immerhin genügt es für solche Aufstiege, wenn in 3600 Sekunden 72000 m-kg Arbeit, also 20 m-kg pro Sekunde geleistet werden kann, was noch nicht ⅓ Pferdekraft ausmacht. Für Auf-

Digitized by Google

stiege bis 3000 m braucht man etwa eine ganze, wenn nicht das Niederholen unerwünscht langsam geschehen soll. Bei der wechselvollen Natur des Windes muss man natürlich gerüstet sein, zeitweise auch grössere Leistungen ausüben zu können. Nur um einen ungefähren Anhalt zur Beurtheilung der Aufgabe und der erforderliehen Mittel zu ihrer Lösung zu liefern sind die obigen Berechnungen gegeben.

Vertikale Vertheilung der Windgeschwindigkeit und praktische Folgerungen daraus. Unter Windgeschwindigkeit ist hier die Geschwindigkeit des Luftstroms am Drachen verstanden. Ueber das Verhältniss derselben zu der von fest aufgestellten Anemometern gemessenen Windgeschwindigkeit giebt leider wiederum das vorliegende Material nur ziemlich dürftige Anhaltspunkte. Sicher ist, dass die Windgeschwindigkeit durchschnittlich nach oben zunimmt, in der Nähe des Erdbodens rasch, weiter oben beträchtlich langsamer; die Aufstellung des Anemometers selbst ist daher von grossem Einfluss auf seine Angaben. So hat z. B. das Anemometer auf dem Drachenplatze der Seewarte in 2 m Höhe über dem Boden durchschnittlich nur $^2/_3$ derjenigen Windgeschwindigkeit ergeben, die gleichzeitig dasjenige auf dem Thurme des Seewarten-Gebäudes, 28 m über dem Boden und in freierer Lage am Elbufer aufgezeichnet hat. Aber sogar über dem so sehr freien Standorte des Anemometers auf dem Thurme des Observatoriums in Potsdam ist die Zunahme der Windgeschwindigkeit mit der Höhe so bedeutend, dass nach dem grossen Ballonwerk*) die Geschwindigkeit bei den Berliner Luftfahrten in 500 m $1^3/_4$ mal so gross war, wie die in Potsdam gemessene. Erst die noch erheblich freiere Lage des Blue Hill-Gipfels ergiebt eine grössere Annäherung an die Windgeschwindigkeit der freien Atmosphäre: so war z. B. im Mittel von 10 Drachenaufstiegen nach dem ersten Bericht**) die mittlere Geschwindigkeit am Observatorium 7.7 m, in 250 m Höhe 8.5 m und in durchschnittlich 800 m Höhe über dem Boden 9.8 m.

Auf S. 206 des erwähnten Werkes fasst Herr Berson die Resultate von 75 wissenschaftlichen Ballonfahrten bei Berlin folgendermaassen zusammen.

Relative Windgeschwindigkeit (Tagesmittel an der Erdoberfläche = 1 gesetzt):

Höhenschicht	0 bis 500	500 bis 1000	1000 bis 1500	1500 bis 2000	2000 bis 2500	2500 bis 3000	3000 bis 4000	4000 bis 5000	über 5000
Quotient der Geschwindigkeit (korr.)	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.5	3.1	4.5
Zahl der Fälle	54	54	55	49	41	38	36	19	10

„Aus dieser Zusammenstellung, welche einen sehr regelmässigen Gang aufweist, gewinnt man die nachstehenden Gesichtspunkte:

1) Die Windgeschwindigkeit nimmt alsbald nach dem Verlassen der Erde in den untersten 500 m erheblich zu.

2) Das weitere Wachsthum scheint besonders zwischen 500 und 1500 m ein sehr geringfügiges zu sein, d. h. also in der Hauptzone der Cum.-Bildung, welche wohl allgemeiner und kräftiger bei grossen Differenzen der Windgeschwindigkeit in den über einander lagernden Luftschichten nicht zur Entwickelung kommen dürfte.

3) Aber auch darüber hinaus, bis mindestens 3000 m, ist das Wachsthum ein nur wenig rascheres. Bestehen bleibt, dass das Wachsthum der Windgeschwindigkeit innerhalb fast der ganzen, ein öfteres Vorkommen der von uns vielfach besprochenen Störungsschichten aufweisenden Zone der hauptsächlichen Kondensation im Mittel überraschend langsam erfolgt. Dies hängt offenbar zusammen mit dem so häufigen Auftreten der Windänderungen und -Drehungen in diesen Störungszonen, wo dann oft zwischen den verschiedenartigen Luftströmungen der Wind sehr abflaut, gelegentlich fast zur Windstille.

4) Von 3000 — 4000 m an beginnt rapide Zunahme; sie erreicht jetzt auf 1000 m etwa denselben Betrag, wie darunter auf 3000 (abgesehen von dem Sprung in den erdnächsten Schichten).“

Nach diesen Zahlen nimmt die Windgeschwindigkeit durchschnittlich von 250 oder 300 m bis zu 3000 m nur im Verhältniss von 1.7 : 2.3 oder von 3 : 4 zu; in demselben Verhältniss nimmt aber der Barometerstand, also die Luftdichte, ab, etwa von 738 auf 523; ändert sich, der eben gegebenen Formel gemäss, der Druck auf Hargrave-Drachen mit elastischer Bucht bei gleicher Luftdichte nur der ersten Potenz der Windgeschwindigkeit gemäss, so ist also zwischen 300 und 3000 m eben so oft auf Abnahme wie auf Zunahme des Winddrucks auf die Drachen zu rechnen, und im ganzen auf keine bedeutende Aenderung.

*) Assmann und Berson: Wissenschaftliche Luftfahrten, Bd. III, S. 205.

**) Exploration of the air by means of kites. Annals Astr. Obs. Harvard Coll. XLII, I, S. 68 ff.

Digitized by Google

Die älteren Wolkenmessungen von Dr. Vettin in Berlin,*) sowie die neueren zu Upsala und Bossekop ergeben ebenfalls zwischen 500 und 3000 m Höhe nur geringe Zunahme der mittleren Geschwindigkeit und erst oberhalb 4000 m ein starkes Anwachsen derselben. Die Messungen im östlichen Nordamerika haben freilich auch in jenen Schichten ein starkes Wachsthum der Windgeschwindigkeit mit der Höhe aufgewiesen, allein für das mittlere und nördliche Europa kann jenes Ergebniss als feststehend betrachtet werden und können daraus einige wichtige praktische Folgerungen gezogen werden.

1) Mit der Erreichung einer Höhe von 300 — 400 m über dem Boden hat man den Drachen aus der unmittelbaren Beeinflussung der Erdoberfläche heraus und in die freie Luftströmung gebracht. Nun, wo er den Wirbeln und Wellen der untersten Schicht entrückt ist und man auch kein plötzliches Herabfallen in einer „Flaute" zu fürchten braucht, kann man durch Messung des Zuges und Beobachtung des Drachens eine ziemlich sichere Grundlage zur Beurtheilung des weiteren Verlaufs des Aufstiegs gewinnen und das zu einem guten Ergebniss erforderliche richtige Verhältniss zwischen Spannung und Drahtstärke herbeiführen, ehe man weiter geht. Dies kann, wenn die Spannung als für diese Drahtstärke zu gering sich erweist, durch Hinzufügung eines weiteren Drachens geschehen; schneller und sicherer aber durch Uebergang zu einer leichteren Drahtsorte, denn die Hinzuspannung des neuen Drachens ist oft unmöglich, oder doch zeitraubend.

2) Wenn es gelungen ist, den Drachen durch die ersten 100 — 200 m Höhe hinaufzubringen, und er fliegt in dieser Höhe gut, so geht der weitere Aufstieg bis 800 — 1000 m fast immer völlig glatt und schnell von Statten und hat man weder zu geringe, noch zu grosse Windstärken zu fürchten. Erst oberhalb dieser Grenze wird durch den kleineren Abgangswinkel des Drahtes das weitere Steigenlassen minder lohnend, und mehren sich die Fälle, wo entweder allzu starker Wind die Drachen gefährdet oder eine Schicht schwachen Windes das Vordringen erschwert. Für häufige kurze Aufstiege ist daher eine Höhe von 1000 — 1500 m ein bequemes, leicht zu erreichendes Ziel. Drachen-Aufstiege über 3000 m hinaus aber werden wohl stets sehr gefährlich und nur unter besonders günstigen Umständen durchführbar sein, weil man dorthin nur unter Anwendung sehr hoher Spannungen gelangen und dort gewöhnlich Sturm antreffen wird. Allerdings ist die Aenderung der Geschwindigkeit mit der Höhe unter verschiedenen Umständen ziemlich verschieden; doch giebt es auch schon einige Anhaltspunkte, um diese Verschiedenheiten zu erkennen. So sagt Teisserenc de Bort in einer Mittheilung an die Pariser Akademie, dass bei trübem Wetter und niedrigem Luftdruck der Wind beträchtlich mit der Höhe zunehme, besonders in der Nachbarschaft der unteren Wolken, bei klarem Wetter und hohem Luftdruck aber seine Geschwindigkeit im allgemeinen abnehme bis zu einer Höhe zwischen 1500 und 3000 m über dem Boden. Nach Assmann und Berson (Ballonwerk, Bd. III, S. 208) war die Windgeschwindigkeit, Potsdam = 1 gesetzt,

	0—1000 m	1000—2000 m	2000—3000 m	3000—4000 m
in 30 Fahrten bei westlichen Winden	1.9	2.2	2.6	3.0
in 26 „ „ östlichen „	1.6	1.6	1.5	1.5

Bei östlichen Winden war also die Zunahme schon in der untersten Schicht kleiner und hörte sie oberhalb 1000 m ganz auf, während sie bei westlichen Winden grösser als das Mittel war. Da westliche Winde überwiegend mit niedrigem Luftdruck und trübem Wetter, östliche mit hohem Druck und heiterem Himmel verbunden zu sein pflegen, so unterstützen sich die obigen Resultate gegenseitig. Aus den Zahlen von Pomortsef ist freilich ein solcher Unterschied zwischen Cyklonen und Anticyklonen nicht erkennbar.

Hiernach erscheint es zweckmässig, wenn ca. 500 m Draht abgelassen sind und der oberste Drachen eine Höhe von 3 — 400 m über dem Boden erreicht hat, nach der Spannung in der Leine zu entscheiden, in welcher Weise der Aufstieg fortgesetzt werden soll, und wenn diese Spannung weniger als $^1/_4$ der Zugfestigkeit des verwendeten Drahtes beträgt, entweder zu dünnerem Draht überzugehen oder einen Drachen anzufügen. Arbeitet man mit Handbetrieb, so wird im allgemeinen das erstere das rationellere sein, da es keinen Zweck hat, die Arbeit des Einholens über das direkt Nothwendige hinaus zu vermehren; so habe ich zeitweise einen Vorläufer von etwa 500 m 0.8-mm-Draht angewandt, der an beiden Enden eine Kausch trägt und der, wenn der Zug an seinem unteren Ende sich als weniger denn 28 kg (etwa 15 bis 25 kg) erweist, an ein 1800 m langes Stück 0.7-mm-Drahtes angesetzt wird, bei stärkerem Zuge dagegen an den auf der zweiten Trommel befindlichen 0.8-mm-Draht. Hat man einen genügend kräftigen Motor, so fällt diese Rück-

*) Vgl. Meteorologische Zeitschrift 1886, S. 337.

Digitized by Google

sicht natürlich fort und wird man es vorziehen, wenn der Zug schwach ist, ihn durch Hinzufügung eines Drachens auf die für diese Drahtstärke passende Grösse zu bringen, sofern nicht der Wind inzwischen auch unten zu schwach zum Auffieren eines neuen Drachens geworden ist.

Grösse und Zahl der Drachen. Im Abschnitt 7 werden verschiedene Arten der Vereinigung mehrerer Drachen an einer Leine beschrieben werden. Man hat also die Freiheit, anstatt eines grossen Drachens, mehrere kleine zu verwenden, und den Zug in verschiedener Weise auf die Länge der Leine zu vertheilen. Der Gebrauch schwankt hierin zwischen weiten Grenzen; während Marvin den Aufstieg thunlichst mit einem einzigen grossen Drachen zu bewerkstelligen räth, verwendet Teisserenc de Bort bis zu 14 und mehr kleinere an einer Leine. Mehrfach hat die Praxis dazu geführt, von extremen zu mittleren Verhältnissen überzugehen: so hat Baden-Powell zur Hebung von Menschen bereits ein Ungeheuer von 11 m Länge probirt, ist aber dann zur Kombination von 4 bis 5 Drachen von je $3^1/_2$ m Länge übergegangen, und umgekehrt werden auf dem Blue Hill, wo 1897 Hochaufstiege noch mit Drachen von 2 bis 4 qm gemacht wurden, jetzt solche von 8 qm an die Spitze gestellt.

Zur Orientirung mögen die Drachenflächen hier mitgetheilt sein, welche bei einigen der bekanntesten Hochflüge zur Verwendung gekommen sind; die Flächen sind verhältnissmässig gering, die Windverhältnisse dürften allerdings besonders günstig gewesen sein.

	Datum	Maximalhöhe	Drachenfläche	Quadratmeter
Blue Hill	19. Sept. 1897	2821 m	3.35+3.81+(5×2.13) qm	= 17.8 qm
„	15. Oktb. 1897	3379 „	6.60+3.35+(2×2.13) „	= 14.2 „
„	26. Aug. 1898	3488 „	6.60+(4×3.3) „	= 20.0 „
Berlin-Tegel	26. Juli 1900	4255 „	4.0+2.0+2.8+2.7+2.0 „	= 13.5 „

Man muss nun fragen, einerseits (1) welche Methode die bequemste und sicherste Handhabung mit der grössten Arbeitsersparniss verbindet, und andererseits (2), bei welcher Methode die zu hebende Drahtlast, deren Gewicht ja die Höhe des Aufstiegs begrenzt, am zweckmässigsten verwendet wird. Zu (1) ist zu bemerken, dass man Drachen, die zum Tragen und Auflassen mehr als zweier Männer bedürfen, wo möglich vermeiden muss, und auch das Bauen und Aufbewahren so grosser Gestelle Schwierigkeiten macht; 6 bis 8 qm Tragfläche und wenig über Mannshöhe wird daher in der Regel die obere Grenze der Drachengrösse bleiben, über die hinauszugehen man bei meteorologischen Zwecken keine Veranlassung hat; die Anwendung mehrerer Drachen hat auch den Vortheil, das Risiko zu theilen und den Zug gleichmässiger zu machen, namentlich gegenüber plötzlichen Windstössen; andererseits kann ein Drache von 6 qm schneller und sorgfältiger gebaut und reparirt werden, als zwei solche von 3 qm, und nimmt deren Auflassen und Landen auch fast die doppelte Zeit in Anspruch; besonders bringt das Anklemmen und Wiederabnehmen der Zweigleinen zum Anheben eines Drahtes, dessen Steigwinkel zu klein wird, Zeitverlust und manche Gefahren mit sich, und gelingt nicht selten das Auflassen dieses Hülfsdrachens nicht mehr, weil der Wind am Erdboden abgeflaut ist; auch ist, je mehr Drachen an der Leine sind, zwar die Wahrscheinlichkeit einer Katastrophe kleiner, aber diejenige eines kleineren Missgeschickes, z. B. des Herabfallens eines Drahtes und die Verankerung des Gespannes durch ihn — um so grösser, und die Aufmerksamkeit zwischen noch mehr Gegenständen getheilt, als ohnedies schon bei jedem Aufstieg der Fall ist. Zu (2) ist zu beachten, dass, wenn man Draht von gleichmässiger Stärke benutzt und z. B. in 1000 m Abstand von einem Drachen einen neuen, mittels Zweigleine, anklemmt, man entweder im oberen Theile zu schweren Draht angewandt hat, oder unterhalb der Anheftungsstelle den Draht gefährlich überspannt hat. Denn da der Zug t (vgl. S. 12) sich nur langsam auf der Länge des Drahtes ändert, so wird er, wenn der Hülfsdrache einigermaassen wirksam sein soll, unter seiner Anheftungsstelle bedeutend grösser sein, als irgendwo oberhalb derselben, und die gewählte grosse Festigkeit des Drahtes ist oberhalb dieser Stelle von nun an bloss ein unnützes Gewicht. Man muss eben suchen, das Verhältniss t/w (S. 12) auf der ganzen Länge der Leine möglichst gleich bleiben zu lassen,

Es ergiebt sich hieraus, dass man, um einen schnellen, glatten und hohen Aufstieg zu erreichen, gut thut, an das obere Ende des Drahtes eine ausreichende Drachenfläche zu setzen, die ein möglichst langes Stück gleichförmigen Drahtes ohne weitere Nebendrachen emporträgt; bei Handbetrieb können dies 6 bis 9, bei Maschinenbetrieb, je nach der beabsichtigten Höhe, 10, 16 und mehr Quadratmeter sein. Es kann auch vortheilhaft sein, diese Fläche in der Weise zu theilen, dass man nur einen Theil an die Spitze setzt, und 500 m weiter, nachdem sich gezeigt hat, wie der Wind, bezw. der Zug und das Verhalten der Drachen zur Zeit ist, einen passend gewählten Drachen beifügt, namentlich wenn dieser einen zweiten Registrir-

Digitized by Google

apparat zu tragen bekommt. Solche parallele Aufzeichnungen mit ca. 300 m Höhenunterschied können unzweifelhaft sehr lehrreich werden, und eine feste Kausch im Draht, 500 m vom Ende, bietet erfahrungsgemäss beim Aufwickeln kein Hinderniss. Weiterhin aber sollten Hülfsdrachen erst dann angesetzt werden, wenn man zu stärkerem Draht übergeht. Natürlich handelt es sich hierbei nur um ein Prinzip für normale Verhältnisse: unerwartete Aenderungen der Windstärke können zu allerhand Abweichungen nöthigen.

Ueber die Art der Anbringung neuer Drachen an die Leine und andere Einzelheiten findet man das Nähere im Abschnitt 7. In diesem allgemeinen Abschnitt dagegen haben wir noch drei für die Stellung der Aufgabe und die Entschliessung über die Inangriffnahme von Drachenbeobachtungen maassgebende Punkte zu besprechen: (1) die von dem angestrebten Zweck abhängige Höhe und Häufigkeit der Aufstiege, (2) die Häufigkeit der mehr und weniger geeigneten Windstärken, endlich (3) Terrain, Ausstattung und Kosten einer Drachenstation.

Zweck, Höhe und Häufigkeit der Aufstiege. Der Zweck der Drachenaufstiege für jetzt und auf längere Zeit hinaus ist ein wissenschaftlicher, kein praktischer: der Ausbau unserer noch ganz mangelhaften Kenntnisse über die meteorologischen Vorgänge in der freien Atmosphäre, ihr Unterschied in Zyklonen und Antizyklonen, in kalten und warmen Luftströmungen, bei Tage und bei Nacht u. s. w., und die Gewinnung eines besseren Einblicks in die Mechanik des Luftmeers, als dieses nach Beobachtungen an der Erdoberfläche möglich ist. Dass dieser Einblick auch praktische Früchte zeitigen, insbesondere das grosse Problem der Wettervorhersage mächtig fördern wird, ist ebenso sicher, wie es verfehlt wäre, solche Früchte von einem Baum zu verlangen, der noch kaum gepflanzt ist.

Die grossen Reihen von Drachen-Meteorogrammen, die auf den Stationen des Washingtoner Weather-Bureaus und in Trappes gewonnen sind, liegen noch beinahe unbearbeitet. Kräftig ausgenutzt ist bis jetzt nur ein Theil der Drachenaufstiege vom Blue Hill, namentlich durch Mr. Clayton und Herrn Sandström, die schon recht werthvolle Aufschlüsse geliefert haben. Herr Sandström hat die vier Aufstiege der Tage vom 21. bis 24. September 1898 zu einer sehr interessanten Prüfung der Bjerknes'schen Theorie der atmosphärischen Zirkulationen verwendet.

Studien über die Natur der wandernden Zyklonen und Antizyklonen, die unser Wetter beherrschen, wie die eben erwähnten, werden am besten gefördert, wenn man an Gruppen von aufeinander folgenden Tagen mit interessanter Wetterlage hohe Aufstiege, mindestens über 1500 m hinaus und mindestens einen pro Tag, gewinnt. Gerade in dieser Höhe der unteren Wolkenregion haben sich am häufigsten charakteristische Störungen in der vertikalen Vertheilung der Temperatur, der Feuchtigkeit und der Stärke und Richtung des Windes gezeigt, die höher hinauf gewöhnlich einer regelmässigeren Aenderung mit der Höhe Platz machen. Die Vergleichung mit der synoptischen Wetterkarte ist bei solchen Aufstiegen eine nothwendige Vorbedingung für ihre zweckmässige Ausnutzung. Um die übrigen Aufgaben des Observatoriums nicht wegen der Drachenaufstiege vernachlässigen zu müssen, werden die letzteren auf dem Blue Hill jetzt stets gruppenweise nach der Wetterlage, mit wochenlangen Zwischenräumen ohne Aufstieg, gemacht. Korrespondirende gleichzeitige Aufzeichnungen aus der freien Atmosphäre von mehreren Orten werden natürlich einen erhöhten Werth beanspruchen können. Es ist jedoch schwer, bei der Unbeständigkeit des Windes solche zu erhalten.

Anders stellt sich die Aufgabe, wenn man mit den Drachenaufstiegen klimatologische Zwecke verfolgt. In den Tropen, wo die unperiodischen Aenderungen gering sind, wird es von grossem Interesse sein, durch eine Anzahl hoher Aufstiege Fragen des allgemeinen normalen Kreislaufs der Atmosphäre näher zu beleuchten, für deren Lösung es jetzt noch sehr an Material fehlt; wie z. B. nach der Höhe der Monsune und Passate und nach der Vertheilung von Temperatur und Feuchtigkeit in ihnen und womöglich auch über ihnen.

Daneben wird es in allen Breiten von grossem Werth sein, die Kenntnisse, die man über die tägliche Periode der Erscheinungen, vorwiegend in Mitteleuropa, gewonnen hat, in anderen Gegenden, und namentlich auf dem Ozean, zu prüfen und zu vervollständigen. Da diese Vorgänge sich überwiegend in den unteren 300 m abspielen, — hat doch der Eiffelthurm höchst werthvolles Material zu deren Studium geliefert — so genügen für diesen Zweck kleine, aber über alle Tageszeiten sich erstreckende Aufstiege. Die nöthigen Aufzeichnungen gewinnt man entweder dadurch, dass man einen Drachen möglichst lange in der Höhe — etwa 300 m über dem Boden — lässt, oder dadurch, dass man oft wiederholte kurze Aufstiege macht; der letztere Weg ist wohl der zweckmässigere, der mit weniger Gefahr bedeutend reichhaltigeres Material giebt. Da ein Aufstieg auf 800 bis 1000 m Höhe bei günstigem Winde nur ½ bis ¾ Stunde aufwärts und etwa

Digitized by Google

1 Stunde abwärts braucht, so lassen sich solche Aufstiege reihenweise alle zwei Stunden machen, wodurch allstündlich Aufzeichnungen aus allen zwischenliegenden Schichten gewonnen werden. Der Meteorograph muss aber die für die kleineren Unterschiede, die hier in Betracht kommen, erforderliche Genauigkeit besitzen.

Ein solcher Betrieb ist bisher, da man sein Augenmerk hauptsächlich auf hohe Aufstiege gerichtet hat, noch nicht versucht worden, und auch ich habe die Methoden, die sich für dessen zweckmässige Durchführung darbieten, nicht erprobt, weil ich die unbekannten Gefahren ganz neuer Methoden in der jetzigen Oertlichkeit der Drachenstation der Seewarte scheute. Ausserhalb der Stadt hätte ich diese Bedenken nicht gehabt. Ich kann also hier nur eine Anregung geben, deren Durchführbarkeit erst die Erfahrung zeigen muss. Drei Wege zu diesen Zielen bieten sich uns dar:

A. Um eine intensivere Durchforschung der unteren Schichten der Atmosphäre zu erreichen, kann man bei einem Aufstieg, statt eines, mehrere Registrir-Instrumente hinaufschicken, die in verschiedener Entfernung vom obersten Drachen angebracht sind, sei es an der Leine hängend, sei es in Nebendrachen. Dieses habe ich einmal am 8. November versucht; der Aufstieg misslang aus Gründen, die nichts mit der Anhängung des zweiten Instruments zu thun hatten, wohl aber wurde die Lage beim Unfall (Abreissen des obersten Drachens) durch das Vorhandensein des zweiten Instruments schwieriger. Der geplante Höhenwechsel beider Instrumente ist schematisch auf Fig. 89 A (letzte Taf.) dargestellt, ein Aufstieg alle 2 Stunden angenommen.

Nehmen wir zunächst an, der zweite Meteorograph sei in einem Abstand von ca. 1000 m Draht bezw. etwa 600 m Höhe vom oberen angebracht; dann wird er, während der obere die Kurve *a* durchläuft, die parallele Kurve *b* zurücklegen; seine Höhenbewegung wird also nur langsam sein und die Zeit, die er in der Luft verbringt und mit deren Länge das Risiko wächst, ist im Verhältniss zur geringen erreichten Höhe gross. Besser fährt man daher, wenn man den Abstand beider Registrirapparate geringer nimmt, z. B. ca. 500 m Draht oder etwa 300 m Höhe, was für den unteren die Kurve *c* ergiebt; um ferner die Möglichkeit des erneuten Aufstiegs thunlichst wenig zu gefährden, wird man gut thun, mit dem Einholen des Drahtes nicht weiter zu gehen, als bis der untere Meteorograph die Erde erreicht, den Drachen aber in dem freien Luftstrom in ca. 300 m Höhe stehen zu lassen bis zum neuen Aufstieg, also die *a*-Kurven durch die Kurvenstücke *ddd* zu verbinden. Man bekommt dann z. B. aus der Höhe 600 m über dem Boden ungefähr alle halbe Stunde eine Aufzeichnung, aus Höhen unterhalb 300 m alle Stunde eine einzige, aber ziemlich lange. Natürlich kann man auch bei höheren Aufstiegen den Werth des gewonnenen Materials durch Hinaufsenden eines zweiten Meteorographs erhöhen; befindet sich dieser etwa 300 m unter dem ersten, so hat es die Wirkung, als ob wir die Eiffelthurm- und ihre Basis-Station in die Höhe senden und sie beide gleichzeitig die Witterungs-Elemente aufzeichnen lassen.

Die Arbeit des Einholens des Drachens ist bei dieser Methode um so geringer, je weniger wir den oberen Drachen herabziehen, bei den von uns betrachteten Beispielen die Ersparniss darin also nicht bedeutend. Viel entschiedener macht diese sich geltend bei den beiden folgenden Methoden.

B. Hat man zwei Trommeln auf gemeinsamer Axe, und ist der Draht auf ihnen entgegengesetzt gewickelt, so wickelt die eine sich auf, wenn die andere sich abwickelt. Man kann so den in der Luft befindlichen Drachen durch einen zweiten aufsteigenden Drachen herabholen und hat nur die Differenz ihrer Zugkräfte durch Nachhilfe entsprechend zu vergrössern oder aufzuheben. Sie bewegen sich dann wie die zwei Schöpfeimer eines Brunnens einander entgegen. Im kleinen, mit Schnur, die über dieselbe Trommel mehrmals gewunden ist, habe ich diesen Versuch mit zwei Drachen leicht durchführen können; im grossen habe ich ihn nicht gewagt, obwohl ich die Trommel des Haspels theilweise deshalb in zwei Hälften habe theilen lassen. Diese beiden Hälften lassen sich nach Belieben einzeln oder im Zusammenhange drehen, vergl. Abschnitt 6, Erklärung zu Fig. VIII.

Auch bei dieser Methode wird es rathsam sein, den einen der Drachen in den höheren Luftschichten zu belassen, schon um die Wahrscheinlichkeit einer Berührung beider Drähte oder gar der Drachen zu verringern. Wir bekommen dadurch das Schema der Fig. 89 B. für den Höhenwechsel beider Drachen, worin vorausgesetzt ist, dass sie alle 2 Stunden auf kurze Zeit in gleiches Niveau kommen behufs Vergleichung ihrer Aufzeichnungen. Wenn im übrigen der eine z. B. im Mittel in 900 m Höhe, der andere in 300 m fliegt, so wird der Draht des ersteren den Erdboden unter einem 5°—20° kleineren Winkel und zugleich in einer um eine Anzahl Grade anderen, meist weiter nach rechts liegenden Richtung verlassen, als der des letzteren, und es ist daher, wenn wir jenen ersteren über eine „Erdrolle" leiten, die etwa 20 m vor und rechts von der

Digitized by Google

Bude sitzt, die Wahrscheinlichkeit einer Kollision sehr gering. Befinden sich die Instrumente in den Drachen, so muss nach diesem Schema der untere Drache alle zwei Stunden zum Erdboden herabkommen, wenn man Aufzeichnungen bis zum Erdboden herab haben will.

C. Eine dritte Methode, die ich ebenfalls wohl im kleinen mit Schnur versucht habe, aber nicht im grossen mit Draht, besteht darin, dass der Drache nicht direkt seine Leine, sondern eine Rolle zieht, über die die Leine geht. Dann legt jeder Punkt der Leine einen doppelt so langen Weg zurück, wie der Drache, hat aber auch nur den halben Zug des Drachens auszuhalten; ihr Aufwinden verlangt also nur die halbe Kraftanstrengung. Bringt man nun die Rolle etwa 100 m vom Drachen an und befestigt einen Meteorographen an der Leine, wenn von dieser 1000 m ausgelassen sind, so legt beim weiteren Auslassen dieses Instrument einen doppelt so grossen Weg zurück, wie der Drache, und sein Abstand vom letzteren nimmt von 1100 m auf 100 m ab. Vor diesem Termin muss rechtzeitig mit dem Auslassen aufgehört werden, da die Leine vermuthlich reissen würde, wenn das Instrument bezw. seine Klemme die Rolle berührt. Beim Verlassen bezw. Wiedererreichen des Bodens durch den Meteorographen ist also der Drache 600 m von der Winde entfernt und man kann das Instrument wieder hinaufschicken, ohne das Risiko einer Landung des Drachens. Vergl. Figur 89 C.

Die drei Methoden A., B. und C. lassen sich auch, wie man leicht einsieht, zu einer komplexen Methode verbinden.

Wie oft bieten sich die für Drachenaufstiege geeigneten Windstärken im Klima von Hamburg dar? Im Passat, wo ein mässiger Wind gleichförmig Tag für Tag weht, sind die idealen Verhältnisse für Drachenaufstiege gegeben. In unseren Breiten, wo Windstillen und steife Briesen in mannigfaltigster, oft fast plötzlicher Weise wechseln, hat man, wenn man mit seinem Haspel an einen festen Ort gebannt ist, wie dies auf dem Festlande stets der Fall ist, ein grosses Maass von Geduld nöthig, um die vorübergehenden günstigen Gelegenheiten gut auszunutzen. Um einen Begriff davon zu erhalten, wie oft hier Drachenaufstiege überhaupt möglich sind und welche Hülfsmittel dabei eine überwiegende Rolle spielen, habe ich aus den Hamburger Anemometer-Aufzeichnungen der sechs Jahre 1894—99 die Tage ausgezählt, die gewissen, gleich zu definirenden Ansprüchen entsprechen.

Die Erfahrung hat gezeigt, dass ein Emporbringen der Drachen auf dem Drachenplatz der Seewarte nur möglich ist, wenn die (wirkliche) Windgeschwindigkeit für Zeiträume von mindestens $^1/_2$ Stunde betrug, in Metern pro Sek.:

	auf dem Drachenplatz	auf dem Thurme der Seewarte
für Malay-Drachen	3.6	5.0 (ältere Skala 5.8)
für Hargrave-Drachen.....	4.4	6.0 („ „ 7.2).

Diese Zahlen gelten ungefähr für Hargrave-Drachen, ohne Meteorograph darin, oder für solche mit Meteorograph, wenn sie einen Malay-Drachen von ca. $^1/_3$ ihrer Tragfläche als Vorspann erhalten, der sie anhebt; Hargrave mit Vorspann ohne Instrument braucht etwas weniger, solcher ohne Vorspann mit Instrument noch etwas mehr Wind, als oben angegeben ist.

Da die am häufigsten den Aufstiegen im Wege stehende Schwierigkeit die ist, den Drachen durch allzu schwachen Unterwind hindurchzubringen, so sind die Stunden 10^h a. m. bis 5^h p. m. für Aufstiege am günstigsten, weil dann die unterste Luftschicht am meisten an der allgemeinen Strömung der freien Atmosphäre theilnimmt. Hat man erst den Drachen 300 m hoch, so fliegt er meistens auch nach 4^h p. m. sehr gut. Zum Aufstieg aber braucht man nicht nur einen kurzen Moment, sondern stundenlang guten Wind; sonst flaut entweder der Wind ab, ehe alle Vorbereitungen getroffen sind (besonders wenn man vor dem Aufstieg einen längeren Weg zum Drachenplatz zurücklegen muss), oder der kurze Windstoss genügt nicht, um den Drachen bis in den freien Luftstrom zu bringen. Es genügt aber für einen guten Aufstieg, wenn der Wind erst von 1^h ab ausreichende Stärke hat, da 3—6 Stunden auch für einen sehr hohen Aufstieg genug sind.

Ich habe deshalb die gedruckt vorliegenden Hamburger Anemometer-Aufzeichnungen nach folgenden Kategorien geordnet (die Zahlen sind wirkliche Windgeschwindigkeiten, die vor dem 1. Januar 1886 gewonnenen zu grossen Werthe sind auf diese reduzirt):

c. Stille Tage, an denen vom festen Platz aus nichts mit Drachen zu machen ist: von 10^a bis 4^p alle Stundenmittel unter 5 m pro Sek.

Digitized by Google

f. Flaue Tage, an denen sich günstige Momente für Aufstiege finden lassen, aber viel Geduld und Aufmerksamkeit hierzu nöthig ist: zwischen 10^a und 4^p mindestens eine Stunde zwischen 5 und 8 m pro Sek., andere unter 5 m pro Sek.

m. Gute Tage für Malay-Drachen: von 1^p bis 4^p alle Stundenmittel 5 bis 8 m pro Sek., aber mindestens eine der Stunden unter 6.1 m pro Sek., daher für Hargrave-Drachen nur wie *f*, wenn nicht gar wie *c*.

b. Gute Tage für beiderlei Drachen: alle drei Stunden von 1^p bis 4^p, Mittel von 6.1 bis 8 m pro Sek.

h. Gute Tage für Hargrave-Drachen, aber zeitweise zu windig für Malay-Drachen: von 1^p bis 4^p 6 bis 12 m pro Sek., mindestens 1 Stunde über 8 m pro Sek.

n. Diejenigen Tage unter *h*, die nachträglich durch Auffrischen des Windes zwischen 4^p und 7^p über 12 m pro Sek. auch für Hargrave-Drachen gefährlich geworden wären.

S. Stürmische Tage, an denen der Drachenbetrieb auch für Hargrave wegen allzu grosser Windstärke gefährlich oder unmöglich geworden wäre: eines der drei Stundenmittel zwischen 1^p und 4^p liegt über 12 m pro Sek. (15 m pro Sek. nach alter Skala).

Die angegebenen Windgeschwindigkeiten gelten für den Thurm der Seewarte. In der Höhe der Drachen ist die Windgeschwindigkeit dabei fast stets viel grösser, aber andererseits der Wind viel gleichmässiger.

Zahl der Tage im sechsjährigen Mittel

(auf ganze Tage abgerundet, mit Ausnahme der Klassen *n* und *S*).

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Halbjahr kalt	Halbjahr warm	Jahr
c. stille Tage	9	7	8	8	9	8	7	9	9	11	8	10	53	50	103
f. flaue Tage	7	6	6	8	7	9	9	9	6	7	7	6	39	48	87
m. gut für Malay	3	3	4	4	4	4	4	4	4	3	5	3	22	24	46
b. gut für beide	3	4	3	3	6	5	4	3	3	3	2	3	18	24	42
h. gut für Hargrave	8	6	8	6	6	4	6	5	7	6	6	8	43	34	77
n. nachher stürmisch	0.3	0.2	0.5	0.2	0.7	0.0	0.3	0.3	0.0	0.5	0.3	0.7	2.5	0.8	3.3
S. Sturmtage	0.5	1.8	1.8	0.5	0.0	0.5	0.7	0.2	0.7	0.8	1.2	1.2	7.3	3.3	10.6

Nimmt man an, dass an $^1/_{10}$ der flauen Tage, also an 9 Tagen (*ff*), es nicht gelingen werde, den günstigen Moment abzupassen, so zerfällt die Gesammtzahl der Tage im Klima von Hamburg in drei fast gleich starke Drittel:

1) unbrauchbare Tage $c+ff+S = 123$ Tage,
2) Tage, die für reinen Hargrave-Drachen-Betrieb geeignet sind: $b+h = 119$ Tage, und
3) Tage, an denen ohne Verwendung leichterer Drachen (etwa Malay-Drachen) nicht gut auszukommen ist: $m+f = 124$ Tage; mindestens wird der Betrieb an ihnen durch Hinzunahme solcher sehr erleichtert und Zeitverlust vermieden.

Malay-Drachen steigen zwar schon bei einer etwas geringeren Windgeschwindigkeit als 5 m pro Sek., etwa von 4.5 an. Aber bei so schwachem Winde, und aufwärts etwa bis 5.2 m pro Sek., gelingt es nicht, den grossen Hargrave-Drachen mit dem Instrument durch den an seinen Rücken gebundenen Malay hoch zu bringen. Dann versucht man es wohl — aber gewöhnlich ebenfalls vergeblich — den grossen Drachen ohne das Instrument empor zu bringen, um dieses erst an den Draht anzuhängen, wenn beide Drachen in genügenden Wind gekommen sind. Mit Bemühungen dieser Art habe ich manche Stunde verbracht. Zwischendurch fällt dann auch der Malay-Drache herab, um beim ersten frischeren Luftzuge wieder aufgelassen zu werden; hält dieser vor, so wird vorsichtig Schnur nachgegeben, bis die etwa 60 m derselben zwischen Malay- und Hargrave-Drachen gespannt sind, und wenn der Zug in der Schnur genügend ist, auch der letztere hinaufgesandt.

Die oben angegebene Grenze von 6 m pro Sek. (in Dachhöhe) für die Hargrave-Drachen entspricht nicht nur den hiesigen Erfahrungen, sondern auch jenen vom Blue Hill und von Trappes. Es ist immerhin möglich, dass leichte Hargrave-Drachen ohne Instrument auch bei etwas weniger als 6 m pro Sek. steigen; die Grenze ist nicht leicht festzustellen. Aber einerseits ist das Instrument weitaus am sichersten im Drachen geborgen, andererseits ist nicht einzusehen, warum man auf den grossen Vortheil des Anhebens des Haupt-

Digitized by Google

drachens durch einen leichteren verzichten soll, der ihn leicht und sicher durch die Hindernisse der untersten Luftschicht (aufwärts und abwärts) hindurch lotst. Dieses Anheben kann zwar auch durch einen zweiten Hargrave-Drachen geschehen, allein durch die Verwendung eines Malay-Drachens hierfür kann die Zahl der verwendbaren Tage, wie die Tabelle zeigt, sehr vergrössert werden. Fürchtet man, dass in der grösseren Windgeschwindigkeit der Höhe ein Herabdrücken des Malay-Drachens eintreten könnte, so braucht man ihn nicht mit hinaufgehen zu lassen, sondern lässt ihn nur in der in Abschn. 7 beschriebenen Weise den Hargrave-Drachen hinaufschleppen und diesen nach Erlangung genügenden Windes sich von jenem lösen, worauf der Malay wieder eingezogen wird.

Wenn die bis jetzt gewonnenen günstigen Erfahrungen sich dauernd bestätigen, so vereinigt das neue Drachenmodell der Seewarte von 1901 das leichte Steigen des Malay- und die Stabilität des Hargrave-Drachens und kann daher an durchschnittlich 119+124 = 243 Tagen im Jahre oder 67% aller Tage verwendet werden, und zwar ohne Beihülfe eines andern Systems. An die Stelle der bedenklichen Verwendung von zweierlei Drachen, die so verschieden sind, dass eine geringe Aenderung des Wetters während des Aufstiegs den einen oder den andern dafür ungeeignet macht, tritt dann ein einheitlicher, nur eventuell bei schwachem Winde durch Zugabe von Segelfläche noch steigfähiger gemachter Drache, der auch mit dieser vergrösserten Fläche wahrscheinlich ziemlich viel Wind verträgt, da die Unveränderlichkeit der Form bei ihm annähernd ebenso gesichert ist, wie beim Hargrave-Drachen.

Was kann an windstillen Tagen geschehen? Es frägt sich, was an jenem Drittel aller Tage geschehen kann, an denen auch mit Zuhilfenahme leichter Drachen wegen Windstille am Boden nicht hoch zu kommen ist? Wenn es auch an Arbeit für diese Tage zur Vorbereitung der Aufstiege an den übrigen Tagen nicht fehlt, so ist es doch gewiss unerwünscht, auf meteorologische Aufzeichnungen aus der freien Atmosphäre für dieselben von vorn herein verzichten zu müssen, um so mehr, als im Innern der Festländer die Zahl solcher Tage noch viel grösser ist und damit gewisse höchst wichtige Wetterlagen, wie z. B. das Innere barometrischer Maxima, der Untersuchung geradezu entzogen wird. Hier bieten sich nun drei Wege:

Der eine dieser Wege ist, statt des Drachens an solchen Tagen einen Fesselballon empor zu senden. Da indessen in der Mehrzahl derselben die Windstille nur in der untersten Luftschicht herrscht, der kugelförmige Fesselballon aber vom Wind niedergedrückt wird, so kommt hierfür nur der Drachenballon in Betracht. Der Betrieb eines solchen bildet denn auch einen wesentlichen Punkt im Programm der Aeronautischen Abtheilung des Preuss. Meteorologischen Instituts; nähere Auskunft darüber giebt Herr Assmann im Juliheft 1900 der Zeitschrift „Das Wetter“. Es ergiebt sich aus jener ungeschminkten Darstellung, dass die Aussichten des Drachenballons für meteorologische Zwecke, wenn man sie zusammenhält mit den grossen einmaligen und Betriebs-Kosten, nicht sehr günstig sind.

Der Drachenballon des Berliner Aeronautischen Observatoriums fasst 37 cbm;*) er hat eine Länge von $9^2/_3$ m und einen Durchmesser von $2^1/_2$ m. Die Firma A. Riedinger in Augsburg hat zwei solche Ballons geliefert; der erste, aus gummirter Baumwolle angefertigte, wog 25 kg und konnte kaum 500 m des erforderlichen 1 mm starken Stahldrahts tragen; der zweite, aus doppelter Seide mit dazwischengepresster Kautschuklage hergestellte Ballon wog nur 15 kg und hatte also 10 kg mehr Auftrieb, konnte aber das Wasserstoffgas nur wenige Stunden halten und musste, um grössere Dichte zu erreichen, wieder um einige kg schwerer gemacht werden. Die Herstellungskosten desselben betragen etwa 1800 ℳ. Die Drahtlänge, die er tragen kann, beträgt im besten Falle noch nicht 2000 m. Die Drachenwirkung des Drachenballons reicht wegen des grossen Stirnwiderstandes desselben nur eben hin, um ihn nicht, wie den Kugelballon, durch den Wind tief herabdrücken zu lassen; der Winkel, den der Draht mit dem Horizont bildet, ist beim Drachenballon bedeutend geringer, als bei guten Drachen.

Die nöthigen Räumlichkeiten und das nöthige Personal sind natürlich beträchtlich grösser, als bei blossem Drachen-Betriebe, und die Kräfte, mit denen man arbeitet, sind viel bedeutender; ohne starken Motor ist ein solcher Betrieb heutzutage gar nicht denkbar. Verhält sich der Drachenballon im Winde viel ungünstiger, als der Drache, so hat er in voller Windstille wiederum wegen seiner Form ein viel ungünstigeres Verhältniss zwischen Volum und Gewicht, als der Kugelballon. Solche volle Windstille ist freilich

*) Bei den Versuchen mit dem Zeppelin'schen Luftschiff wurde für die Feststellung der Verhältnisse in 500 m Höhe ein Drachenballon von 100 cbm Inhalt angewendet.

Digitized by Google

sehr selten, und in leichten veränderlichen Winden, wie sie namentlich im Innern der Festländer so sehr häufig sind, arbeitet der Drachenballon, nach mündlichen Mittheilungen, auf dem Berliner aeronautischen Observatorium bis zu Höhen von 1500 oder 2000 m jetzt sehr zufriedenstellend.

Bei der Kostspieligkeit des Drachenballon-Betriebes kommt ein anderer Weg sehr in Betracht, der noch nicht angewandt worden ist, und der zwar nicht für alle Fälle, aber doch für jene Mehrzahl, in denen über der unteren Windstille in 100 bis 300 m über dem Boden ein Wind von mehr als 5 m pro Sek. weht, die Möglichkeit eines Aufstiegs über 1000 m Höhe, oder auch weiter bis in grosse Höhen gewährt. Oben ist schon der von mir nicht ohne Erfolg gemachte Versuch erwähnt, den Instrumenten-Drachen mittels eines leichten Malay-Drachens in der Weise in die freie Luftströmung hinauszuschleppen, dass der erstere sich, sobald er Wind bekommt, aus dem Haken, in dem er hängt, herauslöst und selbstständig weitersteigt, während der Malay-Drachen eingezogen werden kann — in ganz ähnlicher Weise, wie der Bugsierdampfer das Segelschiff ins offene Meer hinausschleppt. — Zu einem solchen Schlepperdienst nun kann man auch einen Fesselballon verwenden, und zwar, da er nur bei Windstille und bis zur geringen Höhe zu dienen hat, genügt ein leichter kugelförmiger Ballon von etwa $2^1/_2$ m Durchmesser, während der Drachenballon der Aeronautischen Abtheilung zwar denselben Durchmesser, dabei aber $9^2/_3$ m Länge besitzt, und seine Dichte ausreichen muss, um ihn eine Reihe von Stunden in kräftigem Winde stehen zu lassen, wenn er seiner Aufgabe genügen soll. An einer Anzahl von Tagen wird zwar auch in 300 m Höhe kein genügender Wind zu finden sein und das Weiterkommen mit Drachen nicht möglich sein; aber auch dann wird der Versuch nicht ganz vergeblich gewesen sein, weil der Meteorograph uns wenigstens Aufzeichnungen aus der Höhe des Eiffelthurms aus der freien Atmosphäre herabbringen wird, und wie werthvoll auch solche sind, haben eben die Ergebnisse des Eiffelthurmes gezeigt.

Ein dritter Weg wäre, an solchen Tagen, wo keine Drachen steigen können, den Registrir-Apparat an einem „ballon sonde“ emporzusenden. Die Erfahrungen von Herrn Teisserenc de Bort und die grosse Vervollkommnung, welche diese kleinen Ballons neuerdings durch Herrn Assmann erhalten haben — geschlossene Gummiballons, nach deren Platzen oder schneller Entleerung das Instrument durch einen Fallschirm herabgetragen wird — machen diesen Betrieb so einfach, sowie vergleichsweise billig und sicher, dass seine ausgedehntere Verwendung zu erwarten ist. Auf diesen Gegenstand, der in Trappes und in Berlin-Tegel erfolgreiche Pflege erhalten hat, kann ich hier, in Ermangelung eigener Erfahrungen, nicht näher eingehen und nur die Hoffnung aussprechen, dass der jetzige Standpunkt der Frage recht bald von berufener Seite eine Darstellung finde.

Oertlichkeit, Ausstattung und Kosten einer Drachenstation. Der günstigste Raum für Drachenaufstiege ist wohl ein Landsee von genügender Grösse in nur flach hügeliger Landschaft, an dessen Ufer die feste Station angelegt ist, während die Aufstiege von einem Motorboot stattfinden, das gross genug ist, um den zu einem Aufstieg nöthigen Drachenvorrath mitzunehmen, und schnell genug, um die Drachen mittels der eigenen Fahrt durch windstille Luftschichten hindurch zu heben. Genügt der Wind, um von festliegendem Schiff die Drachen steigen zu machen, so kann der Aufstieg, je nachdem wohin das Schiff gelegt wird, über Land oder Wasser stattfinden. Ist der Verkehr auf dem See nicht gross, so sind auch die Gefahren für Draht und Drachen gering, wenigstens viel geringer, als auf dem Lande.

Auch auf dem Ozean sind, namentlich im Passat, die Bedingungen für den Drachenbetrieb, so weit sich dies bei dem Mangel aller Erfahrung übersehen lässt, sehr günstig; zum Vergnügen vom Schiff aufgelassene Drachen stehen in der That im Passat, selbst auf Segelschiffen, tagelang; die Nothwendigkeit eines grossen Schiffes lässt aber nicht erwarten, dass ein solcher Betrieb hier anders als in Verbindung mit anderen Zwecken zu Stande kommen werde. Die deutsche und die britische Südpolar-Expedition werden die ersten Expeditionen sein, die meteorologische Drachenversuche von Bord ausführen, und werden damit hoffentlich die ersten Grundsteine zu einer Kenntniss der vertikalen Vertheilung der Temperatur und der Luftfeuchtigkeit über dem Ozean legen. Der Wunsch nach solchen Drachenversuchen von Schiffen ist aber bereits im Jahre 1899 auf dem hydrographischen Kongresse in Stockholm ausgesprochen worden, und auf der späteren privaten Zusammenkunft von Ozeanographen in Gothenburg im November 1900 ist auch eine Probe in dieser Richtung mit Erfolg gemacht worden. Aus einem Bericht im Stockholmer „Aftonbladet“, den ich der Gefälligkeit des Herrn Prof. Dr. Krümmel verdanke, geht hervor, dass am 21. November das Kanonenboot „Svensksund“ mit den Theilnehmern hinausgefahren ist und der Versuch gezeigt hat, dass Drachenaufstiege

Digitized by Google

von einem Dampfer sich unschwer machen lassen und dass die Drachen durch Kursveränderungen gut in der Luft gehalten werden können. „Hierdurch", heisst es in dem Bericht, der aus der Feder von Dr. Otto Petterson stammt, „eröffnen sich neue Möglichkeiten für die Meteorologie, weil das Verhalten der höheren Luftschichten über den Ozeanen, welches bisher unbekannt und der Beobachtung unzugänglich geblieben ist, mit Leichtigkeit bei den vereinbarten internationalen ozeanographischen Reisen untersucht werden kann".

Ist bei diesem Versuch, soviel bekannt zum ersten Male, gezeigt worden, dass sich mit Vortheil der Kurs eines Schiffes einem Drachenaufstieg anpassen lässt, so ist der Nachweis, dass sich vom Schiff aus in der That ein Meteorograph mittels Drachen in grosse Höhen bequem heben lässt, noch neuer. Am 22. August 1901 hat Mr. Rotch, begleitet von seinen Assistenten Fergusson und Sweetland, auf einem Schleppdampfer, auf dessen Deck ein Haspel mit 1100 m Draht aufgestellt war, vom Hafen von Boston aus eine eintägige Fahrt aufs Meer unternommen und auf dieser mittels dreier Hargrave-Drachen von zusammen ca. 8 qm Tragfläche den Meteorograph am Vormittag auf 800 und in einem zweiten Aufstieg am Nachmittag auf 815 m gehoben. Der natürliche Wind betrug nur 2.7 bis 5.0 m pro Sek. und war viel zu schwach, um Drachen und Apparat zu heben, aber durch Andampfen gegen den Wind wurde der relative Wind auf 6.3 bis 8.5 m pro Sek. gesteigert; in diesem künstlichen Winde konnten die Drachen ohne die geringste Gefahr für Drachen und Instrument aufgelassen und auch bis in die Hand eingeholt werden. Sobald aber der Dampfer um etwa 4 Strich von der Windrichtung abwich, begannen die Drachen zu fallen.

In dem Wunsche, festzustellen, ob sich auch von einem auf festem Kurse befindlichen Dampfer meteorologische Drachenaufstiege machen lassen, ist Herr Rotch, in Begleitung von Herrn Sweetland, am 28. Aug. auf einem Dampfer der Dominion Line nach England abgereist; auf dem Achterdeck war derselbe Apparat installirt. Leichte östliche Winde herrschten vor, welche, verbunden mit der 15 Knoten = 7.7 m pro Sek. betragenden Fahrt des Schiffes an 5 Tagen Aufstiege zu machen gestatteten; nur an 3 Tagen war der Wind zu flau (von hinten) oder zu stark (von vorn), um einen Aufstieg riskiren zu können; hätte aber der Kurs geändert werden können, so hätte täglich ein Aufstieg gemacht werden können. Gute Aufzeichnungen über Luftdruck, Temperatur, Feuchtigkeit und Windgeschwindigkeit wurden gewonnen; an einem der Tage wurde, überraschend für den Ozean, eine Temperatur-Umkehr von fast 2° C. auf 100 m festgestellt. Die obigen Angaben verdanke ich einer gefälligen brieflichen Mittheilung von Mr. Rotch.*)

Muss man dagegen auf dem festen Lande bleiben, so ist ein Platz zu suchen, der nach Thunlichkeit eine freie, dem Winde ausgesetzte und vom Verkehr, insbesondere von elektrischen Bahnen nicht behinderte Lage mit leichter Zugänglichkeit und enger Verknüpfung mit einem wissenschaftlichen Institute verbindet.**) Diese Forderungen sind nicht leicht mit einander in Einklang zu setzen; in der Regel wird ein Platz an der äussersten Peripherie des Strassenbahnnetzes einer grossen Stadt, an der von den herrschenden Winden abgewandten — in Mittel-Europa also östlichen — Seite derselben das beste Erreichbare sein. Eine einzige elektrische Bahnlinie in nächster Nähe lässt sich mit mässigen Kosten mit Schutzvorrichtung versehen und bietet, wenn sie auf der Westseite des Platzes liegt, geringe Wahrscheinlichkeit für eine Berührung des Drachendrahtes mit der Starkstromleitung; wenn aber der Platz, wie der jetzige Drachenplatz der Seewarte, von einem vielfachen Ringe elektrischer Bahnen umkreist ist, so ist ein solcher Schutz undurchführbar.†)

Natürlich ist eine möglichst freie Lage des Platzes anzustreben, Bäume, Gebäude, Telephonleitungen, Hecken und Gräben, Stacheldrähte oder unbetretbare Plätze in der Nähe desselben sind immer wiederkehrende Quellen von Verdruss und Zeitverlust. Als eigentlicher, zur Verfügung stehender Drachenplatz ist ein ziemlich ebenes, von Bäumen und fremden Gebäuden ganz freies Quadrat oder Polygon von mindestens 200 m Breite und Länge anzustreben, in dessen westlichem Theile die drehbare etwa 2.1×2.1×2.5 m messende Bude den Haspel enthält.††) Ist ihre Entfernung vom Westrande des Landstückes etwa 80 m, so wird bei

*) Soeben ist ein illustrirter Bericht von Mr. Rotch über diese Versuche im Quart. Journal of the R. Meteor. Soc., Januar 1902, erschienen.

**) Man könnte zwar, wo sich diese Forderungen nicht vereinigen lassen, den Haspel auf ein Automobil setzen und damit zu passenden Plätzen hinausfahren; allein schon das grosse Volum der Drachen macht diese Betriebsart schwierig.

†) Der Schutz kann entweder, wie in Hamburg unter Telephondrähten, aus einer auf die Starkstromleitung gebundenen nicht leitenden Decke, oder wie in Berlin, auf Antrag des Preuss. Meteorologischen Instituts, theilweise eingeführt ist, aus einem oder zwei neben der Leitung herlaufenden, zur Erde abgeleiteten Drähten bestehen. Fällt der Drachendraht über die Leitung, so berührt er zugleich den letzteren Draht und schmilzt zwischen beiden ab.

††) Ueber die Einrichtung dieser, auf einer Kreisschiene stehenden Bude vgl. den Abschnitt 6.

Digitized by Google

einigermaassen frischem Winde, aus welcher Richtung er auch komme, der Aufstieg vom Haspel selbst aus erfolgen können. Ist der Wind so schwach, dass vor dem Aufstieg mehr als 80 m Leine ausgelassen werden müssen, so stehen dafür bei den häufigeren westlichen Winden noch mindestens 40 m zur Verfügung, so dass der Drache mindestens 120 m weit vom Haspel aufsteigen kann; mehr als 200 m Abstand zwischen diesen und den Drachen zu nehmen, ist selten gut durchführbar, da der Draht dann zu leicht unklar kommt. Muss man diesen Abstand aber zwischen 80 (resp. 120) und 200 m wählen und kann man dabei nicht auf das benachbarte Grundstück hinübergehen, so stehen einem zwei Wege zur stärkeren Ausnutzung des Platzes zur Verfügung: entweder man lässt die Drachen an einem ca. 200 m langen Vorläufer aus Schnur, Draht oder dünnem Kabel von einer fahrbaren Winde aufsteigen, die man an eine geeignete Stelle des Grundstücks bringt und darauf, wenn die Drachen stehen, zum Haspel fährt, wo man den Vorläufer an den Hauptdraht befestigt; oder man leitet den Draht vom Haspel über eine Rolle, die man in der Hand etwa an diejenige Stelle bringt, wo im anderen Falle die fahrbare Winde aufgestellt wird; in dem Maasse, als der Drache zu ziehen beginnt, giebt der die Rolle haltende Mann dem Zuge nach und gelangt so zur Drehbude, die zum Schluss nach Lee gedreht wird, worauf der weitere Aufstieg direkt vom Haspel erfolgt. Die Erfahrungen in Hamburg haben die Durchführbarkeit dieses Verfahrens bewiesen; wegen der Nachbarschaft des Isebek-Kanals war man nicht selten dazu genöthigt; in Berlin-Tegel wird gegenwärtig die fahrbare Winde und der Vorläufer bei allen Aufstiegen angewandt. Etwa 30 — 40 m von der Drehbude entfernt (eine grössere Entfernung erzeugt Zeitverlust), befinde sich ein fester Schuppen von etwa 4×8×5 m Rauminhalt, der als Aufbewahrungsort für die Drachen und als Werkstatt dient. Nicht durchaus nothwendig, aber sehr vortheilhaft für häufige Aufstiege ist es, wenn noch in einer Ecke des Grundstücks ein Häuschen für einen der ständigen Angestellten, mit einem Bureauzimmer und Schuppen dabei, sich befindet. Diesem Angestellten kann zugleich unbedenklich ein Theil des Grundstücks als Gemüseland übergeben werden, wenn nur bei Wahl und Vertheilung der Kulturen auf die Drachenaufstiege Rücksicht genommen wird und genügend Wege radial zur Drehbude, zwischen den Beeten, gelassen werden. Als Viehweide lässt sich dagegen der Platz nicht benutzen.

Als Personal für eine regelmässig funktionirende Drachenstation genügen, neben dem wissenschaftlichen Leiter, der in der Regel nur einen Theil seiner Zeit diesem Zweige wird widmen können, drei Personen, nämlich ein praktischer Leiter und zwei Arbeiter. Will man Aufstiege so oft als möglich und auch solche über 2000 m hinaus machen, so muss man einen Motor benutzen. Steht das Geld und das Personal zur Anschaffung und zum Betriebe eines Elektromotors nicht, wie in Trappes und in Berlin-Tegel, zur Verfügung,*) so wird man auch mit einem einfachen Benzin-Motor ziemlich viel erreichen können, wenn Motor- und Handbetrieb sich unterstützen und wo nöthig, ablösen können. Auch ein Windmotor würde unter Umständen für diesen Zweck geeignet sein; denn in der Regel steht, wenn man keine zu langen Aufstiege macht, Windkraft für das Einholen zur Verfügung und zwar um so mehr, je stärker die Drachen ziehen, also je grösser die zu leistende Arbeit ist.

Die Kosten eines solchen einfachen, aber über das ganze Jahr sich erstreckenden Betriebes dürften sich in Hamburg wie folgt stellen, wenn vorausgesetzt wird, dass die geistige Oberleitung nicht aus diesem Fonds zu honoriren ist und für das Grundstück nichts zu zahlen ist: Jährliche Ausgaben 7500 M., nämlich persönliche 5500 M., sachliche 2000 M.; dazu einmalige Ausgaben an Gebäuden: Drehbude 400 M., feste Bude 1100 M., Wohnhaus mit Bureau 8500 M., zusammen 10000 M.; an maschineller Einrichtung: Haspel 800 M., Motor 1000 M., sonstige 200 M., zusammen 2000 M.; an Drachenmaterial, Draht u. s. w. 900 M.; Registrir-Apparate 2300 M.; Unvorhergesehenes 300 M.; im ganzen 15500 M., ohne das Haus nur 7000 M., die unter Umständen auch auf 2 — 3 Jahre vertheilt werden können.

Obiger Kostenanschlag ist auf Grund der hier gemachten Erfahrungen aufgestellt und auf einen regelrechten Betrieb durch das runde Jahr bemessen. Er stimmt bezüglich der laufenden Ausgaben mit demjenigen überein, der auf dem Kongress russischer Meteorologen im Winter 1899/1900 für eine „normale" Drachenstation aufgestellt wurde; an einmaligen Ausgaben sieht der letztere, offenbar ohne Wohngebäude und Motor, nur ca. 3500 M. vor, was eine etwas knappe instrumentelle Ausrüstung voraussetzt. Sollen die Versuche einen mehr gelegentlichen und Studien-Charakter tragen, so ist mit einer viel geringeren Summe

*) Die Kabelwinde auf dem letzteren Institut hat (wahrscheinlich ohne die Dampfmaschine) 4000 M. gekostet; siehe „Das Wetter", 1900, S. 174.

Digitized by Google

auszukommen. Die Drachen-Versuche der Seewarte haben vom Beginn im Juli 1898 bis jetzt im Ganzen 8000 M. gekostet, einschliesslich der unzähligen orientirenden Experimente und verlorenen Mühen, so wie eines Theiles der Drachenausrüstung der deutschen Südpolar-Expedition, die von der Seewarte leihweise überlassen wurde. Aber diese Versuche haben in der kalten Jahreszeit und aus Mangel an Mitteln bis in den Frühsommer hinein geruht; auch ist, da ich nur einen Theil meiner Zeit dieser Sache widmen konnte und wegen der gefährlichen Lage inmitten der Grossstadt, eine möglichste Häufung der Aufstiege, wie sie bei regelmässigem Betriebe stattfinden würde, gar nicht angestrebt worden.

Der obige Kostenanschlag zeigt immerhin, dass wissenschaftliche Drachenaufstiege nicht nur für staatliche Anstalten, sondern auch für einen reichen Privatmann zu den leicht durchzuführenden Unternehmungen gehören. Die Wissenschaft bedarf solcher Aufstiege in grösster Zahl und Mannigfaltigkeit; sie führen in ein neues, an Anregungen unerschöpflich reiches Gebiet ein, dessen Werth für die Erkenntniss der meteorologischen Vorgänge sich wohl ahnen, aber noch gar nicht übersehen lässt. Der grosse Reiz, den sie neben ihrem streng wissenschaftlichen Werthe besitzen, lässt hoffen, dass sich begüterte Liebhaber des Sports finden werden, die sich unter guter fachmännischer Berathung dieser Sache widmen möchten und so dazu beitragen werden, die Meteorologie aus dem Kleben an der Erdoberfläche zu befreien und in die grosse Werkstatt zu unseren Häupten hinaufzuführen. Wir dürfen darauf hoffen, denn ewig wahr bleibt das Göthe'sche Wort, es sei dem Menschen „eingeboren, dass sein Gefühl hinauf und vorwärts dringt, wenn über uns, im blauen Raum verloren, ihr schmetternd Lied die Lerche singt".

3. Abschnitt.

Bedingungen des Drachenfluges.

a) ***Die wirkenden Kräfte.*** Der Flug des Drachens vollzieht sich unter der Einwirkung von drei Kräften oder Kräftegruppen:

W, dem Druck des Windes,
G, dem Gewicht des Drachens,
L, dem Zug der Drachenleine.

Bei W ist zu unterscheiden zwischen

W_1 dem „Normaldruck" des Windes auf die schiefe Ebene des Drachens, d. i. der zu dessen Fläche rechtwinkligen Komponente des horizontalen Winddrucks, und

W_2 dem „Rumpfwiderstand" (oder „Stirnwiderstand"), der sich zusammensetzt aus den übrigen Wirkungen des Windes auf alle Theile des Drachens: auf den Rahmen, die Kanten, auf lose, flatternde Theile des Zeuges, den Schwanz u. s. w. Die Richtung dieses Druckes fällt mit jener des Windes nahe zusammen, meist mit geringer Neigung abwärts.

Die Kraft W_2 ist eine unvermeidliche, jedoch nicht zum Wesen des Drachens gehörende und unerwünschte Beigabe, deren Verkleinerung eine, je nach dem verfolgten Zweck, mehr oder weniger wichtige Aufgabe des rationellen Drachenbaus sein muss. Dagegen sind die drei übrigen Kräfte Grundbedingungen für den Drachenflug, und zwar:

W_1 als die Kraft, die den Drachen von seinem Anheftungspunkte zu entfernen sucht und
L als diejenige, die ihm nicht erlaubt, dieser Kraft frei zu folgen,
G als die Kraft, die den Drachen zur Schwerkraft orientirt.

Wäre der Angriffspunkt von L im Zentrum der Drachenfläche, so würde auch der von W dahin fallen, der Drache würde nicht steigen, sondern L würde mit der Windrichtung zusammen fallen und die Ebene des Drachens senkrecht, zum Winde rechtwinklig, stehen.*) Erst durch die exzentrische Anheftung der Leine gelangt der Drache dazu, dem Winde eine schiefe Ebene zu bieten und aus dessen Druck einen zur Windrichtung rechtwinklig gerichteten Antrieb zu gewinnen. Wäre aber die Neigungsrichtung dieser schiefen

*) Dass das Gleichgewicht der Scheibe, der in diesem Falle die wesentlichsten Züge eines Drachens fehlen würden, bei Befestigung in der Mitte ein sehr schwankendes sein würde, thut nichts zur Sache; durch eine passende Bucht könnte es ebenso leidlich stabil gemacht werden, wie das eines Fallschirms.

Digitized by Google

Ebene unabhängig von der Schwerkraft, so würde eine durch Leine und Windrichtung gelegte Ebene beliebige Neigung zum Horizont annehmen können. Denken wir uns z. B. statt der Leine einen starren Stab, an dessen Ende der Drache in unveränderlicher Stellung sitzt, während der Haltepunkt der Leine am Erdboden durch ein Gelenk ersetzt ist, in welchem der Stab frei beweglich ist und über welches hinaus er behufs Anbringung eines Gegengewichts verlängert ist, so dass er sich der Schwerkraft gegenüber in indifferentem Gleichgewicht befindet. Möge die Stellung des Drachens zu diesem Träger eine solche sein, dass sie einen Winkel von 60° zwischen diesem und der Windrichtung erzeugt, so wird der Apparat im Gleichgewicht sein, ob nun die Ebene dieses Winkels vertikal oder horizontal oder schief liege, wenn nur der Stab im Mantel eines Kegels liegt, dessen Scheitelwinkel 120° beträgt und dessen Axe mit der Windrichtung zusammenfällt.*) Bedingung ist nur, dass sowohl Anheftung als Druckmittelpunkt der schrägen Scheibe, die den Drachen vorstellt, in deren vorderem, vom Winde zuerst getroffenen Theile liegen. Anders aber, wenn diese Scheibe um das Ende des Stabes drehbar und durch die Lage ihres Schwerpunktes zur Schwerkraft orientirt ist; bringen wir nun den Stab in horizontale Lage, so richtet der Drache seinen Kopf nach oben, der Winddruck an ihm erhält eine vertikale Komponente und bringt ihn zum Steigen, bis der Träger-Stab in einer vertikalen Ebene liegt. Nur so lange der Drache mit dem Kopf zur Seite liegt, ist ein Hinausfliegen aus der durch die Windrichtung und den unteren Haltepunkt der Leine gehenden Vertikalebene möglich; andernfalls wird der Drache wegen seiner symmetrischen Form vom Winde möglichst weit nach Lee und also in die genannte Vertikalebene gedrängt, in der er zugleich seine grösste Höhe erreicht.

In Fig. 8 stelle ab den Längsschnitt einer ebenen idealen Drachenfläche ohne Rumpfwiderstand dar, um die Beziehungen der drei Kräfte W_1, G und L zu veranschaulichen. Der Angriffspunpt von G ist im Schwerpunkt des Drachens. Jener von W_1 befindet sich, wenn die Länge des Drachens ab als n bezeichnet wird, in der Entfernung d vom vorderen Rande; dann gilt, wenn i der Winkel ist, den die Platte mit dem Winde bildet, nach Joessel die Gleichung: $d = n\,(0.2+0.3\,\sin i)$, und nach Lord Rayleigh die Gleichung $d = n\left(0.5-{}^3/_4\,\frac{\cos i}{4+\pi\,\sin i}\right)$; nach Samuelson aber einfach allgemein $d = {}^1/_3 n$. Joessels Formel ergiebt diesen letzteren Werth bei $i = 26°$, einer Grösse, die dem mittleren Winkel bei Drachen (20°—25°) nahe ist; Lord Rayleigh's Formel ergiebt allerdings bei diesem Winkel d grösser, zu $0.37\,n$, und erst bei viel kleinerem Winkel $d = {}^1/_3 n$. Für Annäherungszwecke genügt die Annahme $d = {}^1/_3 n$, bei rechteckigem Umriss des Drachens, um so mehr, als eine genaue Berechnung wegen der Einwölbung der Flächen im Winde und sonstigen Abweichungen in der Form nicht möglich ist. Sind dagegen die Seiten des Drachens (wie z. B. beim Malay-Drachen) nicht parallel, so müsste die Fläche in (event. unendlich viele) Längsstreifen zerlegt werden und aus allen diesen Druckpunkten das gemeinsame Druckzentrum abgeleitet werden.

Sind die Kräfte W und G nach Grösse und Angriffspunkt so, wie sie in der Figur angegeben sind, so muss auch der Zug der Leine L die Grösse und Lage haben, wie in der Figur. Die Bucht des Drachens kann zwar dabei sehr verschieden gestaltet werden, ihre Zweige müssen aber in einen Punkt der Linie L zusammenlaufen und die einfache Leine muss in diese Linie fallen. Nun zeigt aber die Erfahrung, dass dieselben Drachen auch stabil, nur unter kleinerem Höhenwinkel und mit geringerem Zug, zu fliegen vermögen, wenn die Leine viel weiter vorne, eventuell am vorderen Rande selbst, angebracht ist. Der Zug beträgt dann bei mässigem Winde nur etwa so viel, wie das Gewicht des Drachens, und steigt auch bei stürmischem nicht viel höher, weil der Drache bei Zunahme des Windes sich immer mehr horizontal legt und blos die Kraft W_2, die gegen W_1 unter gewöhnlichen Umständen sehr klein ist, mit der Windstärke weiter wächst. Fig. 9 zeigt die Vertheilung der Kräfte unter diesen Umständen. Die Drachenfläche ab nehmen wir unter einem Winkel von 6° zum Horizont geneigt an. Die Grösse und der Angriffspunkt der Kräfte G und L sind durch Beobachtung gegeben; aus ihnen ergiebt die Konstruktion auch den Winddruck W. Der Angriffspunkt desselben liegt jetzt offenbar weiter vorn, als unter den auf Fig. 8 dargestellten normalen Verhältnissen. Denn würde er auch jetzt ${}^1/_3$ der Fläche vor sich haben, so würde er dem Schwerpunkt des Drachenkörpers näher sein, als der Fesselungsstelle; selbst wenn dieser Schwerpunkt mit dem Flächenschwerpunkt zusammenfiele, und nicht, wie in den meisten modernen Drachen, durch kräftigere Ausführung des Vordertheiles aus diesem nach vorn verschoben wäre. Dann müsste aber in Zeiten des Gleichgewichts der Zug an der Leine L kleiner sein, als das Gewicht G des Drachens, was wohl nur ausnahmsweise der

*) Diese nehmen wir in diesen Betrachtungen als geradlinig und überall gleich an.

Digitized by Google

Fall ist. Es entspricht aber auch dem anderwärts Gefundenen (Avanzini, Joessel u. A.), dass bei sehr kleinen Einfallswinkeln des Luftstosses das „Druckzentrum" weiter nach dem vorderen Rande rückt; auch zunehmende Windstärke scheint dieselbe Wirkung zu haben (Ahlborn in den Abhandl. des Hamburg. Naturwiss. Vereins. Bd. XV, 1897. Vgl. Anhang 2). Da W_2 durch die Flachstellung wenig beeinflusst werden wird und bei zunehmendem Winde schnell wächst, so muss die Richtung von W mit der Drachenfläche jetzt einen spitzeren Winkel machen, als bei der gewöhnlichen Stellung zum Winde. Die Richtung von L scheint auch in der Nähe des Drachens stärker geneigt zu sein bei der Fesselung von Fig. 9, als bei der von Fig. 8; viel geneigter ist die Richtung der Leine an ihrem unteren Ende, weil sie bei dem geringeren Zuge viel stärker „durchhängt", d. h. eine viel stärkere Krümmung aufweist, wenn die Fesselung nur am vorderen Rande, als wenn sie in gewohnter Weise erfolgt.

Das Resultat, dass es nur einer Verschiebung des Angriffspunktes des Zuges der Leine nach dem Kopfende des Drachens bedarf, um den Zug auf weniger als $^1/_3$ seiner Grösse bei normaler Fesselung herabzubringen, ohne dass der Drache seine Stabilität verliert*) und ohne dass er, so lange die Windstärke eine gewisse Grösse (5 oder 6 m pro Sek.) übersteigt, zur Erde sinkt, ist für die Verwendung von Drachen zu wissenschaftlichen Zwecken höchst wichtig. Denn man kann, wie schon erwähnt ist, durch passende Einrichtung der Bucht erreichen, dass von einem gewissen Druck an, der noch innerhalb der Sicherheitsgrenze der Leine liegt, durch Flachlegen des Drachens der Druck nicht mehr oder nur sehr langsam steigt. Die Idee für diese Einrichtung, die dem Sicherheitsventil der Dampfmaschine entspricht, verdanken wir, abgesehen von einem resultatlosen Hinweis von du Hauvel im „Aeronaute" von 1887, Herrn Clayton, Assistent auf dem Blue Hill-Observatorium. Eine Modifikation derselben — Ersatz der elastischen Schnur durch zerreissenden dünnen Draht — hat Prof. Marvin angegeben.

In den eingangs genannten wichtigen Arbeiten Marvin's über die Theorie und Praxis der Drachen aus den Jahren 1896 und 97 ist diese Anpassung der Lage des Zugpunktes an die Windstärke nur in sofern berücksichtigt, als erwähnt wird, dass Herr Potter eine solche Vorrichtung (elastische untere Bucht) an Malay-Drachen mit leidlichem Erfolg versucht habe.

Der Winkel ε, Fig. 8, zwischen dem Zuge L und der Drachenfläche ist beim wirklichen Drachen aus zwei Ursachen stets kleiner als 90°: erstens ist schon der Winkel δ, der in Fig. 8 90° beträgt, überall wo W_2 einen endlichen Werth hat, kleiner als 90°, nach Marvin bei den besten Hargrave-Drachen zwar um kaum 3° nur, bei schlechteren Drachen aber um 10° und darüber. Zweitens tritt dazu die Wirkung des Gewichts G, die eine weitere Ablenkung der Zugrichtung von der Normalen zur Drachenebene um den Winkel γ bedingt.

Marvin betrachtet den Winkel ε als Maass für die Güte des Drachens; er bezeichnet ihn als den Wirkungs-Winkel (efficiency angle) und den Bruch $\varepsilon : 90°$ als den Wirkungsgrad (oder Nutzeffekt, efficiency) des Drachens. Ist also z. B. bei einem Drachen $\varepsilon = 72°$, so ist sein Nutzeffekt $72° : 90° = 80$ Prozent. Um diese Grösse zu bestimmen, muss man den Einfallswinkel des Windes gegen die Drachenebene, oder, den Wind als horizontal angenommen, den Winkel, den die Drachenebene mit dem Horizont bildet, kennen. Dann ist der Wirkungswinkel = dem Höhenwinkel + dem Einfallswinkel + dem „Durchhang" oder dem Winkel zwischen der Sehne der Kettenlinie, die die Leine bildet und ihrer Tangente am Drachen. Den Einfallswinkel hat Prof. Marvin an Drachen des Hargrave-Typus dadurch gemessen, dass er eine Zollskala an der oberen Tragfläche des Drachens anbrachte und mit dem Fernglas ablas, wie weit diese über dem Vorderrande der unteren Tragfläche zum Vorschein kam; 24 solche Bestimmungen (jede als Mittel von 4 bis 14 Messungen) an verschiedenen Drachen zwischen dem 26. März und 11. Juni 1896 ausgeführt, haben den Einfallswinkel zwischen 15° und 26° bei einem Höhenwinkel des Drachens zwischen 41° und 61°, sowie Abgangswinkeln des Drahtes zwischen 31° und 58° ergeben, woraus sich Wirkungswinkel von 68° bis 84° und Wirkungsgrade von 76 bis 94 Prozent berechnen liessen.

Bisher haben wir die Gesamtwirkung des Winddrucks betrachtet, ohne deren Zustandekommen und die Natur der ganzen Erscheinung näher zu kennen. Ohne diese Kenntniss ist es aber unmöglich, die Wirkung irgend einer Form, Anordnung u. s. w. der Tragflächen im voraus zu beurtheilen; ohne sie ist man für die

*) Bei den weiter unten zu erwähnenden Versuchen mit zwei Halteleinen: einer am Kopf- und einer am Schwanzende des Drachens, hat sich in einzelnen Fällen allerdings beim Nachlassen der letzteren starkes Schleudern, also verringerte Stabilität des Drachens gezeigt.

Digitized by Google

Entscheidung gänzlich auf den Versuch im grossen, im wechselnden Winde angewiesen, der immer wieder neue Räthsel bringt.

Einen wesentlichen Fortschritt in dieser Hinsicht bringen die Versuche von Herrn Dr. F. Ahlborn (Hamburg), über die er auf der 73. Versammlung Deutscher Naturforscher und Aerzte in Hamburg im letzten September berichtet hat. Freilich können diese nur durch eine Reihe von Analogieschlüssen auf die Drachen angewandt werden und geben sie über einen der entscheidenden Punkte — die Stabilität — noch keine Auskunft. Allein diese Analogieen sind anderweitig gut gestützt, die Befunde werden wahrscheinlich auch zur Beurtheilung der Stabilität Anhaltspunkte ergeben und das Ganze ist als erster Schritt auf einem vielversprechenden Wege anzusehen.

Herr Ahlborn hat zunächst mit Hülfe der Photographie die Bewegung der Flüssigkeitstheilchen in der Umgebung einer bewegten schrägen Platte untersucht. Eine Reihe von Versuchen hat ergeben, dass deren Bewegung um eine vollständig untergetauchte Platte im wesentlichen ebenso erfolgt, wie diejenige an der Oberfläche der Flüssigkeit um eine nur theilweise eingetauchte Platte. Es kann daher das einfachere und klarere Bild der letzteren an Stelle des durch die hinzutretende dritte Dimension minder klaren Bildes der Bewegungen im Innern der Flüssigkeit treten. Hieraus dürfen wir aber ferner schliessen, dass auch die Druckvertheilung in der Umgebung der bewegten Platte an der Oberfläche im wesentlichen dieselbe ist, wie in einem entsprechenden Längsschnitt an einer allseitig von Flüssigkeit umgebenen Platte. Erstere offenbart sich uns aber in einfacher Weise durch das Niveau. Der Aufstau des Wassers vor der halb eingetauchten Platte und die Depression hinter derselben belehren uns also auch über die Druckverhältnisse in der Umgebung einer vollständig untergetauchten bewegten schrägen Platte. Die weitgehende geometrische Aehnlichkeit der Bewegungen in Flüssigkeiten und in Gasen, wie sie sich z. B. in der vollkommenen Uebereinstimmung der von Oberbeck im Wasser und von Vettin in Luft (Tabaksrauch) studirten Wirbelringe zeigt, gestattet schliesslich diese an der Wasseroberfläche gewonnenen Diagramme über den Stau und die Saugung auch auf die Druckvertheilung an der Vorder- und Rückseite eines in der Luft fliegenden Drachens anzuwenden. Die Quantitäten werden natürlich durch die Unterschiede in der Dichtigkeit ganz andere; zur ersten Orientirung genügt es aber, durch passend gewählte geringere Geschwindigkeiten im dichteren Medium sich die Natur der Erscheinung vor Augen zu führen.

Parallel mit den photographischen Aufnahmen der Wasserbewegung hat Herr Dr. Ahlborn auch die Vertheilung des Druckes auf bewegten schrägen Platten untersucht durch Feststellung der Benetzungshöhen an deren Vor- und Hinterfläche. Auch hier gestatten dieselben Aehnlichkeiten, aus diesen leicht feststellbaren Stau- und Saugephänomenen der Oberfläche auf die Druckphänomene im Innern einer Flüssigkeit in der Umgebung einer bewegten Platte zu urtheilen.

Die Versuche des Herrn Ahlborn sind mit einem sinnreich konstruirten Apparat gewonnen, in welchem die betr. Platten mit gleichförmiger bekannter Geschwindigkeit durch einen Elektromotor fortbewegt wurden. Diejenigen über die Druckvertheilung habe ich, in direkter Anlehnung an die Probleme des Drachenfluges, in sehr vereinfachter Anordnung weitergeführt; die Ergebnisse dieser Versuche sind im Anhang 2 zu diesem Bericht dargelegt. Von Herrn Dr. Ahlborn's photographischen Aufnahmen der Strömungslinien dagegen bin ich durch dessen Freundlichkeit in der Lage, zwei in Lichtdruckbildern Ia und Ib den Lesern vorzulegen; dieselben mögen wenigstens die Art und den hohen Werth dieser Bilder veranschaulichen; weitere Bilder wird jedenfalls der in Aussicht stehende grössere Bericht des Herrn Dr. Ahlborn bringen; bisher ist erst eine kurze Wiedergabe seines Vortrags vom 26. Sept. 1901 mit zwei Photogrammen in der „Physikal. Zeitschrift", Jahrgang III, S. 120–124, erschienen.

Fig. Ia stellt die Strömungen in der Umgebung einer unter einem Winkel von 18° durchs Wasser gezogenen Platte dar. Dass in diesen Versuchen die Platte und nicht die Flüssigkeit bewegt wurde, bedarf, da es sich ja nur um die relative Bewegung beider gegen einander handelt, keiner Rechtfertigung. Wir sehen in der Umgebung der Platte bis auf beträchtliche Entfernung hin die Stromlinien von ihrer parallelen Anfangsrichtung abgelenkt, und zwar vor der Platte divergirend, was einer Druckzunahme entspricht, in einigem Abstand über und unter der Platte, so wie weiter hinter ihr, konvergirend, einer Druckabnahme entsprechend; besonders aber springen die Wirbel ins Auge, die auf der Rückseite der Platte als lange Schleppe sich hinziehen. Zum leichteren Verständniss derselben, sowie zur Kontrole über das Maass der zufälligen Abweichungen bei verschiedenen Versuchen giebt Fig. 11, Tafel 1, ein schematisches Bild der analogen Wirbel aus einem anderen Versuch, bei dem der Einfallswinkel der Platte nahezu derselbe war.

Digitized by Google

Wir erkennen dieselben drei Wirbel deutlich wieder, aber in etwas anderer Vertheilung, vermuthlich wegen abweichender Geschwindigkeit der Platte.

Fig. Ib stellt die gegenseitige Beeinflussung zweier schräger Platten dar. Von der Vorderzelle eines Hargrave-Drachens unterscheidet sich die dargestellte Kombination hauptsächlich nur dadurch, dass der Winkel der Platte gegen die Bewegungsrichtung 45° betrug, statt 20 bis 25°, wie beim Drachen. Man erkennt, wie der von der oberen *) Platte abgelenkte Strom die Wirbel auf der Rückseite der unteren nicht zur Entwickelung kommen lässt. Die Folge muss eine Verringerung der Saugung an der Rückseite der unteren Platte sein, was mit den im Anhang 2 mitgetheilten Druckdiagrammen übereinstimmt. Das scharfe Abprallen jenes Stromes an der oberen Platte erklärt zudem den starken Stau im Vordertheile der oberen Platte, und dessen rasches Verschwinden nach dem Hinterrande derselben Platte hin.

b) ***Stabilität.*** Die seitliche Stabilität des Drachens, d. h. sein Bestreben, in die durch Windrichtung und Haltepunkt der Leine gegebene Vertikalebene zurückzukehren, wenn er aus dieser herausgebracht ist, wird (wie schon oben gezeigt ist) durch die Schwerkraft bedingt, die allein die senkrechte Stellung der durch die Leine und die Windrichtung gelegten Ebene bewirkt.

Bei einem platten, symmetrischen, in der Mitte gefesselten Drachen dürfte der Vorgang, der ihn in diese Ebene zurückführt, der folgende sein, den Wind als horizontal angenommen. Sei die Ebene des Papiers in Fig. 10 die (platte oder abgewickelte) Fläche, in der die Leine sich bewegt; der Anheftungs- oder Haltepunkt der Leine sei bei H; mn sei der Schnitt des Drachens mit dieser Fläche; der grosse Pfeil die Richtung des Windes, die kleinen die in die Fläche fallenden Komponenten des Winddrucks. Ist der ausserhalb der normalen Ebene befindliche Drache in aufrechter Stellung — d. h. Schwanzende nach unten — so zeigt $m_1 n_1$ seine Schnittlinie; Winddruck und Zug der Leine ergeben eine Resultirende, die den Drachen in die normale Stellung $m_0 n_0$ zurückführt. Anders ist es, wenn die Längsaxe des Drachens sich, wie in diesem Falle die Regel, mehr oder weniger horizontal legt: sei m_2 das Kopfende, n_2 das Schwanzende des Drachens, so wirkt die Normalkomponente des Winddrucks (W_1) annähernd in der Richtung der Leine. Allein indem das Gewicht des Schwanzendes den Drachen um seine Axe dreht, wandert der Druckpunkt aus dem Zugpunkt heraus nach dem rechten, nun vorderen Rande des Drachens und der Drache kommt in die bei $m_1 n_1$ dargestellte Lage, die ihn nach $m_0 n_0$ zurückführt.

Diese stabilisirenden Kräfte sind aber nur klein, ihre Wirkung daher oft zu langsam, um schnelle Seitenbewegungen des Drachens aufzuheben. Es gilt daher, erstere zu verstärken und letztere zu verlangsamen. Beides kann sowohl durch einen Schwanz, als durch schräge Vertikalflächen erreicht werden. Diese und andere Mittel, dem Drachen die nöthige Stabilität zu sichern, müssen wir nun betrachten. Es ist übrigens in dieser Frage gar nicht leicht, sich über das, worauf es ankommt, klar zu werden und es von dem unwesentlichen Beiwerk zu trennen, das je nach Umständen verschieden gewählt werden darf. Jene wesentlichen Züge scheinen sich aus der vorliegenden Masse von Erfahrungen mit Drachen verschiedener Form folgendermaassen zu ergeben; eine präzisere Feststellung derselben bleibt aber das dringendste Bedürfniss der Drachentechnik.

Die Stabilität wird erhöht:

A. Durch Anhängung eines „Schwanzes" von passendem Luftwiderstand und nicht zu grossem Gewicht;

B. durch Anbringung vertikaler, in die Richtung des Windes fallender (sog. „neutraler") Flächen oder Flächenkomponenten;

C. durch eine nach der Windseite und nach unten konvexe, bezw. mit ausspringenden Winkeln versehene Form; entgegengesetzte Krümmung, bezw. einspringende Winkel bedingen Verringerung der Stabilität, verglichen mit der planen Fläche;

D. durch Zertheilung der tragenden Drachenfläche in mehrere, von verschiedenen Lufttheilchen getroffene Abschnitte mit Lücken dazwischen; diese können (D_1) in der Drachenebene hinter einander, (D_2) in zwei oder mehreren Schichten senkrecht zur Drachenebene über einander, (D_3) schräge zur Hauptebene des Drachens, jalousieförmig angeordnet liegen;

E. durch Vergrösserung der Dimensionen;

*) Oben und unten hier im Sinne der Stellung des Drachens angewandt; im Wasser waren die Platten neben einander, im selben Niveau.

Digitized by Google

F. Durch Versteifung des Drachens, welche bewirkt, dass der Drache auch unter starkem Winddruck die erforderliche vollkommene Symmetrie behält.

G. Durch Anbringung rotirender Flächen, deren Drehungsaxe entweder in der Fläche liegt, oder normal, oder endlich schief zu ihr steht.

Das einfachste Mittel, einem Drachen grössere Stabilität zu geben, ist immerhin A., die Hinzufügung eines passenden Schwanzes. Die Art seiner Wirkung ist trotz seiner allgemeinen Anwendung noch ungenügend geklärt. Das Resultat aber ist besonders bei den Malay-Drachen in die Augen springend, da diese bei Wind von $3^1/_2 - 5$ m pro Sek. ohne Schwanz leichter zum Steigen zu bringen sind und vortrefflich fliegen, bei solchem von $5-6$ m pro Sek. mit und ohne Schwanz ungefähr gleich gut stehen, bei stärkeren Winden aber einen Schwanz nothwendig haben, um ihre Stabilität zu behalten und nicht herabzuschiessen, und zwar um so mehr, je stärker der Wind ist; mit ausgiebigem Schwanz versehen halten sich sogar kleine Malay-Drachen von nur $^1/_2$ qm in einem Winde von mehr als 10 m pro Sek. stundenlang, wenn sie genau symmetrisch sind; freilich ist ihre Winkelhöhe in starkem Winde kleiner als in schwachem, sie werden von diesem „herabgedrückt". Ob der Schwanz in der gewöhnlichen Weise aus Papierstückchen bezw. Läppchen oder aus den Archibald'schen Kegeln gebildet ist, macht im Fluge wenig Unterschied; die ersteren sind vielleicht in der Luft noch günstiger, am Erdboden aber sind die Kegel bequemer, weil sie sich nicht so leicht verwickeln. Schwerere Gegenstände am Schwanz bringen den Drachen zu heftigen schaukelnden Bewegungen: man merkt dieses besonders, wenn durch Zufall Baumzweige, Drahtreste oder dergl. beim Aufstieg sich in den Schwanz einhaken. Das hat auch Baden Powell bemerkt, als er, in dem Glauben, seinen grossen sechseckigen Drachen zu beruhigen, dessen Schwanz mit einem ganzen Busch beschwerte; der Drache wurde dadurch nur noch wilder, bis er den ganzen Schwanz abwarf und nun höher stieg und ruhig flog — ein Vorkommniss, das Baden Powell sehr überraschte und dazu veranlasste, hinfort solche Drachen ohne Schwanz aufzulassen. Dieselbe Wirkung — starkes Schaukeln, oft auch Umkippen und Herabschiessen des Drachens — beobachtet man auch, wenn man das hintere Ende des Drachens durch an das Zeug angesteckte Holzleisten beschwert — ganz im Gegensatz zur Volksmeinung, die ein schweres Hinterende des Drachens als nothwendig für seine Stabilität ansieht und die Wirkung des Schwanzes eben in dieser Beschwerung sieht. Das Hinausrücken des Schwerpunktes nach rückwärts vom Schnittpunkt der Leine mit dem Drachen befördert also ein unliebsames Pendeln. Wahrscheinlich ist dieses beim Schwanz weniger der Fall, als bei einer starren Verlängerung des Drachens, weil er biegsam ist und sein Gewicht auf seine ganze Länge vertheilt ist, seine Schlangenbewegungen aber durch Luftwiderstand gedämpft werden.

Die Anbringung eines Schwanzes am Drachen hat einige, wenn auch mehr theoretische, als praktische Uebelstände. Er vergrössert das Gewicht und den horizontalen Zug (die Trift) des Drachens, muss also dessen Steigwinkel verkleinern; in der Praxis ist freilich diese Verkleinerung nicht auffällig. Sodann ist bei Drachen, die einen grossen Schwanz brauchen, dieser oft nur für gewisse Windstärken passend und für schwächere Winde zu gross, für stärkere zu klein. Man hat daher gesucht, die Anwendung eines Schwanzes ganz zu vermeiden und hat darin guten Erfolg gehabt. Jedenfalls ist es ein gutes Zeichen für die Symmetrie und Steifheit eines Drachens, wenn er ohne Schwanz gut fliegt; man mag aber auch in der Verwerfung des Schwanzes hier und da unnöthig weit gegangen sein und mit Vortheil auf ihn zurückgreifen können, wenn man durch ihn grössere Sicherheit erreicht. Bei Drachen, die an Zweigleinen in Gespannen fliegen, muss man natürlich einen Schwanz thunlichst vermeiden, da er leicht mit der Hauptleine unklar werden kann.

Dass (B und C) schräge oder vertikale Flächen seitliche Schwankungen des Drachens weit kräftiger verhindern müssen, als die auch bei Plattdrachen eintretende blosse Verschiebung des Druckpunktes nach dem jeweils mehr nach vorne liegenden Seitenrande, ist leicht aus Fig. 12 u. 13 zu erkennen. In der normalen Stellung des Drachens ist der Winddruck auf die Flächen *a* und *b* Null und auf die Flächen *d* und *e* gleich; neigt aber die linke Seite des Drachens vor, so nimmt der Druck auf *e* rasch ab, während er auf *d* zunimmt,*) und entsteht sowohl auf *a* als auf *b* ein nach rechts gerichteter Druck, der den Drachen wieder in die Gleichgewichtsstellung zurückbringt.

Satz C ist leicht durch Versuche mit frei fliegenden Papiermodellen zu konstatiren. Eine gewölbte oder gebogene Fläche, deren Schwerpunkt so weit nach dem vorderen Rande zu verlegt ist, dass sie in stabiler Weise auf schwach geneigter Bahn dahingleitet, wenn man sie mit nach unten konvexer Wölbung

*) Weil der Einfallswinkel des Windes auf *d* wächst, auf *e* abnimmt.

Digitized by Google

aus der Hand lässt, wirft sich auf den Rücken, wenn man sie mit der Konkavität nach unten fallen lassen will, selbst wenn man den Schwerpunkt der Sehne des Bogens nahe gelegt hat. Die Ursache ist nicht schwer einzusehen, wenn man Fig. 13 mit Fig. 14 vergleicht. Eine Neigung des Drachens nach links lässt bei zurückgebogenen Flügeln (Fig. 13) den Druck auf *d* wachsen, auf *e* abnehmen und wird demnach rasch wieder aufgehoben; bei vorgeschobenen Flügeln (Fig. 14) ist die Aenderung umgekehrt, die Linksneigung nimmt daher zu und führt zum Umkippen des Flugmodells und, wenn keine anderen Vorkehrungen dies verhindern, auch des Drachens.

Der Satz E, nach dem grosse Drachen stabiler sind, als kleine, wird von verschiedenen Drachenkennern ausgesprochen; in der That gelingt es schwer, Hargrave- und Malay-Drachen, die den gut fliegenden grösseren möglichst genau nachgebildet waren und deren Gewicht pro Flächeneinheit nicht grösser ist, als bei diesen, zum guten Fliegen zu bringen, wenn sie weniger als $^3/_4$ m Länge hatten. Es kann wohl auch nur daraus erklärt werden, dass die gewaltigen einfachen Sechsecke, die Baden-Powell in England und Kovanko in Russland für militärische Zwecke anwenden, ohne Schwanz fliegen können, obwohl bei ihnen Grundsatz D gar nicht, und B nur durch die starke Einbuchtung des Zeuges erfüllt ist, die aber zugleich z. Th. gegen Grundsatz C verstösst.

Dass die Stabilität getheilter Flächen grösser ist, als diejenige von Vollflächen, beruht wahrscheinlich auf der Einschränkung der Exkursionen des Druckpunktes bei Neigungsänderungen der Fläche. Fällt der Wind in die zusammenhängende Fläche Fig. 15 A zuerst aus der Richtung α, dann aus jener β, so verlegt sich der Druckpunkt aus *a* nach *b*; ist die Fläche dagegen in zwei zerlegt (Fig. 15 B), so findet in jeder die Verschiebung nur von a' und a'' nach b' und b'' statt, und wenn die beiden starr verbundenen Flächentheile weit genug von einander getrennt sind, um sich gegenseitig nicht erheblich zu beeinflussen, so ist auch die Verschiebung des gemeinsamen Druckpunktes beider, von *a* nach *b*, nicht wesentlich grösser.

Ob die Anbringung mehrerer Flächen übereinander (Satz C) neben dieser Wirkung der Flächen-Zertheilung noch eine weitere, besondere Wirkung auf die Stabilität des Flugapparats hat, erscheint zweifelhaft. Sie ist aber konstruktiv von Vortheil, weil sie die Drachen kompendiöser zu machen und Prinzip D mit B gut zu vereinigen gestattet.

In Bezug auf Satz F hat die Erfahrung gezeigt, dass biegsame Rahmen und Füllungen der Gefahr einer ungleichmässigen Durchbiegung unter zunehmendem Wind unterliegen, in deren Folge Drachen, die in schwachem Wind bezw. der untersten Luftschicht ruhig standen, in starkem bezw. höher oben entweder zur Seite fliegen oder sogar kopfüber schiessen. Eine möglichst starre, steife Konstruktion des Rahmens, mit gleichmässiger Spannung des Zeuges, ist daher wünschenswerth. Die Zusammenlegbarkeit der Drachen ist deshalb nicht weiter zu treiben, als es die Verhältnisse für den Transport und die Aufbewahrung der Drachen erheischen.

Von obigen Grundsätzen ist bei den gewöhnlichen Spieldrachen nur B bezw. C bisweilen vertreten und zwar bei den asiatischen z. Th. mit gutem Erfolg durch absichtliche Zurückbiegung der Drachenfläche nach den Rändern, bei den europäischen nur in geringem Maasse und ohne Absicht der Erbauer durch die Biegung der Stangen im Winde, gewöhnlich auf Kosten der Hubkraft.

Auch beim Eddy'schen Malay-Drachen und den daraus abgeleiteten Formen sind nur B und C vertreten, aber dieses in einer bewussten und annähernd konstanten Form, die für schwache und mässige Winde völlig genügt.

Die Hargrave-Drachen zeichnen sich in ihren zahllosen Varianten von Hargrave selbst, Clayton, Millet, Lamson, Potter, Marvin, Kuznetsof, Ulyanin u. s. w. durchweg durch eine gleichmässige Durchführung der drei Prinzipien B, D_1 und D_2 aus. Ob nicht der Rest von Instabilität auch hier, wie beim Malay-Drachen, wo es zulässig erscheint, mit Vortheil durch A — die Beigabe eines Schwanzes — bekämpft werden könnte, wäre immerhin einer Versuchsreihe werth.

Im Aerodrom von Langley ist B nebst C sowie D_1, aber nicht D_2 ausgebildet. Ebenso im Kress'schen Drachenflieger und dem ihm nachgebildeten Drachen von Nikel, wo, den Photographien nach, durch die Zurückbiegung der elastischen Flügel nicht nur das im Steuer vertretene B verstärkt, sondern auch D_3 erzeugt wird.

Dagegen haben Lilienthal's und Chanute's letzte Apparate zum persönlichen Gleitfluge das Prinzip D_2 viel ausgesprochener berücksichtigt, als B und D_1, welche beide wesentlich nur durch das grosse Steuer mit Horizontal- und Vertikalfläche zur Wirkung kamen; bei Lilienthal wirkte eine schwache Keilstellung

Digitized by Google

der Flügel im Sinne der Prinzipe B und C mit; Chanute's „ladder kite" und „multiple winged machine" zeigten alle drei Grundsätze vertreten, wie die Hargrave-Drachen, besassen jedoch auch eine automatische Verstellung der Flügel, auf die der Erfinder Werth legt.

Das Prinzip G ist bei Drachen bis jetzt nur in der Form einer im Wind rotirenden Schraube auf einem Stock als Schwanz zur Anwendung gekommen, verdient aber weitere Berücksichtigung, vgl. „Illustr. Aeronaut. Mittheilungen", 1899, S. 127, 1901, S. 159.

c. ***Versuche mit kleinen Flugmodellen.*** Um die obigen Sätze mit Drachen im Winde nachzuprüfen, dazu gehört ein ausserordentlich grosser Betrag von Zeit, Arbeit und Kosten, da jeder gelungene Versuch erst durch Vergleich mit misslungenen seine volle Beweiskraft erhält, und da die Bedingungen im freien Winde nicht nur von Tag zu Tag, sondern von Minute zu Minute wechseln. Glücklicher Weise kann man durch Analogie die wichtigsten Fragen mittels sehr einfacher Versuche im Zimmer beleuchten. Statt nämlich die Luft gegen den schwebenden Drachen zu bewegen, können wir die Drachenfläche gegen die Luft sich bewegen lassen, und zwar durch ihre eigene Schwere; und um das schiefe Gleiten der Luft am Drachen nachzuahmen, können wir das Modell, durch blosse Verschiebung seines Schwerpunktes nach vorn, durch die Luft gleiten lassen und sein Verhalten dabei beobachten. Je ruhiger das Modell seinen geraden oder aufwärts gekrümmten Weg verfolgt, um so stabiler wird wohl die betreffende Form auch als Drache sein. In Fig. 16*A* stellt der Pfeil den Wind, die Linie *ab* den Drachen dar, in Fig. 16*B* ist *ab* das fallende Modell, der Pfeil die relative Bewegung der Luft gegen dasselbe. Man sieht, *B* ist *A* völlig ähnlich, nur um etwa einen halben rechten Winkel gedreht. Freilich spielt die Schwerkraft in *B* eine ganz andere Rolle als in *A*, sie vertritt hier in der Hauptsache den Zug der Leine. Man kann daher die Analogie nur bis zu einer gewissen Grenze durchführen; für Erscheinungen, wo die Schwere beim Drachen eine wesentliche Rolle spielt, z. B. bei der Wirkung des Schwanzes, versagt sie.

Wählen wir zu den Versuchen eine Anzahl kleiner Rechtecke von gewöhnlichem Schreibpapier, etwa 4×10 cm gross. Lassen wir eines in beliebiger Lage aus der erhobenen Hand, also von etwa 180 cm Höhe fallen, so flattert es im Fallen unregelmässig hin und her und überschlägt sich in der Regel mehrmals, ehe es den Boden erreicht. Die Vorgänge bei diesem Fall haben Herr Dr. F. Ahlborn und ich diskutirt und durch Versuche beleuchtet; ersterer in seiner 1897 in den Abhandlungen des Naturwissenschaftlichen Vereins in Hamburg veröffentlichten Studie: „Der Schwebeflug und die Fallbewegung ebener Tafeln in der Luft"; ich selbst in den „Illustr. Aeronaut. Mittheilungen", Oktober 1901, S. 149–159.

Sobald wir die vier Ränder des Blatts auf die Breite von etwa 1 cm rechtwinklig aufwärts umschlagen, ändert sich das Bild: die Platte sinkt langsam unter geringen Schaukelbewegungen senkrecht herab. Beweis für den Grundsatz A.

Machen wir aber die vertikalen Ränder nur 2 mm hoch oder bringen wir sie nur an zwei Seiten des Blatts an, so fällt es zwar ruhiger, als ganz ohne Vertikalflächen, aber die Schaukelbewegungen werden doch so stark, dass es sich gewöhnlich vor Erreichen des Erdbodens mindestens einmal überschlägt. Schneiden wir nun etwa die Hälfte des horizontalen Theils der Tafel heraus — in der Form eines oder mehrerer Löcher, aber symmetrisch zum Mittelpunkt — so sinkt die Platte ruhig senkrecht herab. Beweis für den Grundsatz B.

Verschieben wir den Schwerpunkt aus dem Mittelpunkt des Blattes heraus, was am einfachsten durch mehrmaliges Umbiegen des längeren Randes und Einstecken einer Stecknadel in denselben (vergl. Fig. 17) geschehen kann, so gleitet das Blatt schräg nach der Seite des beschwerten Randes abwärts. Ist dieser Vorderrand vier- bis fünfmal länger, als die beiden Seitenränder, so kann man, wenn man die Lage des Schwerpunkts durch ein verschiebbares Gewicht — z. B. die erwähnte Stecknadel — regulirt und diesen künstlichen Vogel vorsichtig ablässt, recht schöne Schwebeflüge erzielen, wie mich dieses Herr Leo Keller vor acht Jahren zuerst gelehrt hat; es ist aber ziemlich grosse Exaktheit in der Anfertigung und Hantirung solcher kleinen Segler nöthig. Ist nicht der längere, sondern der kürzere Rand des Blattes beschwert, so gelingt dies bei aller Mühe nicht; es überschlägt sich im Fallen, besonders wenn der Schwerpunkt um weniger als $^1/_{10}$ der Längsaxe aus dem Mittelpunkt der Karte verschoben ist. Auch ein Aufbiegen der Seitenränder genügt in diesem Falle nicht, um dem Blatte Stabilität zu geben. Dagegen wird diese sofort erreicht, wenn man aus der Mitte der Karte den Raum zwischen den aufgebogenen Rändern auf $^1/_3$ der Länge oder selbst mehr wegschneidet. Fig. 18*A* zeigt die Karte in diesem Zustand; es ändert wenig, wenn

Digitized by Google

man statt des rechtwinkligen Aufbiegens der Ränder die ganze Karte in der Mitte faltet und ihr Kielform giebt. Nur muss in beiden Fällen die passende Lage für den Schwerpunkt gefunden werden, was sehr schnell durch Belasten oder Erleichtern des Randsaumes geschieht. Dasselbe Prinzip kann nun in unendlichen Variationen durchgeführt werden, die Wirkung ist in allen Fällen überraschend, wenn nur die Oeffnungen gross genug sind und die Vertheilung der Flächen vor und hinter ihnen, sowie des Gewichts, eine derartige ist, dass das Zusammenfallen von Schwerpunkt und Mittelpunkt des Drucks oder Widerstandspunkt bei Neigungen der Platte zwischen etwa 5 und 30° gegen den Horizont möglich ist, was man schon bei geringer Uebung leicht erreicht. Giebt man z. B. einem Blatt die Gestalt eines Malay-Drachens, so gelingt es, wie auch die Gewichtsvertheilung getroffen sein mag, nicht, sie zu einem Gleitflug zu bringen, bis man etwa 40% der Fläche aus der Mitte — in Form einer oder mehrerer Oeffnungen — weggeschnitten hat. Dann aber gleitet die verstümmelte Karte auf schwach geneigter Bahn durch das ganze Zimmer, wenn man sie aus der erhobenen Hand in fast horizontaler Stellung loslässt.

Um auch den dritten Grundsatz (C) zu prüfen, empfiehlt es sich, den Modellen die ursprüngliche Form des Hargrave-Drachens zu geben, — zwei kurze Cylinder (Fig. 19*A*) oder Prismen (Fig. 19*B*) an einem Stab,*) — da die jetzt gewöhnlich angewandte Form unnöthige Mühe verursacht und das Modell zu schwer macht. Wir finden dann, dass (wenigstens wenn man die vordere Zelle kleiner als die hintere macht) die Modelle zwar nicht beim freien Fall, aber beim horizontalen Wurf einen sehr steten, fast geradlinigen Flug zeigen. Um zu prüfen, ob es sich dabei wirklich nur um die oben angegebenen drei Grundsätze handelt und nicht etwa das Durchstreichen der Luft durch ein Rohr dabei eine besondere Rolle spiele, habe ich den Cylinder zerschnitten und die Hälften mit den Rücken aneinander geklebt (Fig. 19*C*). In dieser Form lässt sich das Modell nicht von so geringem Gewicht machen, wie in der Form *A*, es fliegt aber bei Ertheilung passender Anfangsgeschwindigkeit ebenso gut; die Rohrform hat also mit der Stabilität nichts zu thun, entscheidend dafür sind die drei angegebenen Grundsätze.

Der Gesamt-Eindruck von meinen Versuchen ist der, dass Grundsatz D der wichtigste, B der zweitwichtigste ist und dass es unentschieden bleibt, ob Grundsatz C überhaupt selbstständige Bedeutung hat, und nicht etwa mit *B* zusammenfällt, indem es gleichgültig sein mag, ob die Theile der Drachenfläche hinter oder übereinander angebracht sind.

Die Zertheilung der Drachenfläche, die sich somit als wichtigstes Hülfsmittel zur Erreichung der Stabilität erweist, hat allerdings den Uebelstand, dass sie pro Quadratmeter Drachenfläche viel mehr Gerüst verlangt, als ungetheilte Flächen, und den Drachen schwerer, grösser und unhandlicher macht.

d) ***Hubkraft.*** Neben der Stabilität ist die Hubkraft die wichtigste Eigenschaft eines Drachens für meteorologische Zwecke. Bezeichnen wir die vertikale Komponente des Zuges als den Hub, die horizontale als die Trift des Drachens, so ist anzustreben grosser Hub bei geringer Trift, also grosser Steigwinkel bei kräftigem Zuge. Denn je steiler die Drachen fliegen, um so grössere Höhen erreichen sie mit einem gegebenen Drahtgewicht, und um so später tritt der Moment ein, wo das untere Ende des Drahtes sich so sehr der horizontalen Lage nähert, dass weiteres Auslassen von Draht die Höhe der Drachen nicht mehr steigert. Zugleich ist möglichste Konstanz des Steigwinkels und des Zuges wünschenswerth.

Für die Hubkraft der Drachen ergiebt die Erfahrung folgende Grundsätze:

a) Bei gleicher Oberfläche und unter sonst gleichen Umständen steigen leichte Drachen steiler, als schwere, namentlich bei schwachem Winde. Bei starkem Winde steigen aber steife Drachen trotz grösseren Gewichtes steiler als biegsame leichte. Sinkt die Windgeschwindigkeit unter einen gewissen Betrag, so fliegen auch die besten Drachen unter Steigwinkeln von weniger als 45°.

b) Steifheit des vorderen Randes des Drachens ist unbedingtes Erforderniss für dessen steiles Aufsteigen. Bricht z. B. bei einem Malay-Drachen eins der Vorderlieken, so fliegt der Drache alsbald nur unter einem Steigwinkel von etwa 20°, während er sonst einen solchen von 50° und mehr einhält mit kurzer Leine.

c) Ueber den Einfluss der Bucht vergl. den Abschnitt über diese.

d) Sehr wesentlich ist die Form der Fläche. Flächen, die in der Richtung der Bewegung konkav sind, geben nach den übereinstimmenden Resultaten von Lilienthal, Loessl, Hargrave, Langley u. A. grösseren Hub, als ebene Flächen, konvexe dagegen kleineren als letztere. Die neuesten Versuche von Dr. Mannesmann

*) Als Stäbchen eignen sich Bambus-Splitter am besten.

Digitized by Google

haben ergeben, „dass bis herunter zum Neigungswinkel von 25° eine Fläche den grössten Auftrieb hat, bei der das Verhältniss der Wölbungstiefe zum Durchmesser = 1 : 7.5 ist, während bei kleineren Winkeln eine schwächere Krümmung eine grössere Hebewirkung hervorruft".

Die gewölbte Form wird bei Flächen, die aus dehnbarem Stoff hergestellt sind, durch den Luftwiderstand selbst hergestellt: zwischen den Stangen des Rahmens bildet das Zeug Bäuche, Segeln gleich. Es erweist sich manchmal entschieden vortheilhaft, z. B. beim mittleren Theile der Malay- und der sechseckigen Militär-Drachen, das Zeug absichtlich nicht zu spannen, sondern so an dem Rahmen zu befestigen, dass eine genügende Einbuchtung entstehen kann.

Man ist jedoch weiter gegangen und hat gesucht, der Drachenfläche von vornherein die gewünschte gewölbte Form möglichst unveränderlich zu geben. Die Flugwerkzeuge von Lilienthal, Chanute, Langley u. A. sind gekrümmt gespannt. Neuerdings hat es sich als besonders günstig erwiesen, bei Flächen, die schräge die Luft treffen, die grösste Tiefe der Wölbung nicht in die Mitte, sondern nahe an den vorderen Rand der Fläche zu legen. Der Vogelflügel gab dazu die leitenden Anhaltspunkte. Insbesondere hat, nachdem Chanute im „Aeronautical Annual" gezeigt hatte, dass Vögel, die den Segelflug üben, einen abwärts gebogenen vorderen Rand an ihren im übrigen flachen Flügeln haben, Hargrave Flächen dieser Form experimentell untersucht. Seine Ergebnisse sind in Abhandlungen niedergelegt, die er der Royal Society of New South Wales vorgelegt hat; zwei derselben sind im Londoner „Aeronaut. Journ.", April und Okt. 1898, reproduzirt. In der ersten wird die Bewegung der Luft an einem segelnden und einem rudernden Flügel durch Fig. 20 *a* und *b* unserer Taf. 1 dargestellt. In der Bildung des Wirbels unter dem ersteren (*a* der Figur) sieht Hargrave den Schlüssel für das Räthsel des Segelfluges. Fig. 20 *c* stellt nach ihm die Luftbewegung an einer so gewölbten Fläche in Drachenstellung dar. In der weiteren Darstellung derselben, dem Journ. R. S. N. S. Wales, Bd. 31, 1897, entnommenen, Abhandlung wird allerdings nicht der Unterschied zwischen diesen zwei Krümmungsarten, sondern der zwischen platten und gewölbten Flächen überhaupt durch lehrreiche Experimente beleuchtet. Unter den allgemeinen Resultaten ist das wichtigste, dass der mittlere Druck auf der konkaven Seite grösser ist, als auf der konvexen, selbst wenn die Sehne der Wölbung mit der Richtung der Luftbewegung zusammenfällt oder sogar einen negativen Winkel von 10° mit dieser bildet, d. h. selbst wenn in horizontalem Winde bei abwärts offener Wölbung dessen Sehne nach hinten um 10° ansteigt. In der zweiten Abhandlung äussert der Verfasser: „No attempt has yet been made to ring the changes on the numberless curves that probably soar; the essential points seem to be, that the front part... shall be bent to about the quadrant of a circle, the extreme after part plane, and the intermediate portion hyperbolic. Rigidity of construction is all-important.... No curved surfaces made of muslin have yet soared; the nest for the vortex must be hard and smooth."

Wie man aus den letzten Worten sieht, bleibt es zweifelhaft, wie viel von diesem Resultat auf Drachen anwendbar ist, deren Flächen unvermeidlich zum grössten Theile aus leichtem Zeug gebildet sein müssen, während Hargrave's Untersuchungsfläche aus Hartgummi bestand. Es bleibt auch zweifelhaft, in welchem Verhältniss dieses neue Resultat zu dem schon erwähnten erfahrungsmässigen Vortheil windgeblähter Segel als Tragflächen steht, da sich unter solchen biegsamen Segeln nach Hargrave kein „vortex" bildet. Der freie Segelflug, bei dem die Sehne der Wölbung horizontal ist oder sogar nach rückwärts ansteigt, ist ja auch vom Drachenfluge sehr verschieden. Der Versuch, diese neuen Resultate Hargrave's auch auf Drachen anzuwenden, ist indessen auf dem Blue Hill, wie schon berichtet, mit anscheinend sehr gutem Erfolge gemacht worden. Der höchste Punkt der Wölbung steht dabei auf etwa $^1/_7$ der Länge der Fläche vom Vorderrande ab und der Raum zwischen beiden wird durch eine steife gekrümmte Platte Fournierholz eingenommen. Im Bulletin No. 3, 1899, vom Blue Hill ist diese Einrichtung nur an dreien der Tragflächen des Zellendrachens angegeben, während die hintere obere platt und nach rückwärts ansteigend gezeichnet ist (als „Penaud's tail"); in den neueren Photographien, die mir Herr Rotch gesandt hat, ist auch diese ebenso gewölbt, wie die andern. Unter diesen Umständen gewinnt auch die weitere Verfolgung dieser Studien durch Herrn Merrill spezielles Interesse für uns, die das Juliheft 1899 des „Aeronautical Journal" bringt. Auf experimentellem Wege hat derselbe gefunden, dass die Hargrave'sche Fläche noch bedeutend verbessert werden kann durch Ausbildung ihres Vorderrandes zu einer scharfen Kante, und dass die vortheilhafteste Länge der letzteren 20% der Länge der Wölbung beträgt; die Fig. 21 stellt die Ausgangsfläche (*a*) und die gefundene beste glatte Fläche (*b*) unter einander dar. Ein noch günstigeres Resultat erhielt Herr Merrill, als er diese Fläche mit nach hinten dachziegelförmig über einander greifenden Papierstreifen be-

Digitized by Google

klebte (Fig. *c.*), welche die vorwärtstreibende Wirkung von Hargrave's Vortex verstärken sollten. Doch war der Vortheil dieser Einrichtung nur bei sehr spitzem Einfallswinkel des Windes beträchtlich; war dieser Winkel grösser als 10° (bei Drachen ist er meist über 20°), so fand Herr Merrill wenig Wirkung von ihr; er vermuthet, dass es bei solchen Winkeln nur vorübergehend zur Bildung des Vortex kommt. Ueber die Luftbewegung und Druckvertheilung auf so gestellten und geformten konkaven Oberflächen, wie sie die Drachen aufweisen, weiss man noch äusserst wenig.

Für den vorderen Theil der Wölbung, der nach Hargrave's angeführter Darstellung steif sein muss, wurde auf dem Aeronaut. Obs. in Berlin-Tegel, nach dem Vorgange vom Blue Hill, im Jahre 1900 Fournierholz angewandt, das unter das Zeug geleimt wurde; seit 1901 verwendet man daselbst mit gutem Erfolge an dessen Stelle ganz dünnes Stahlblech, da das Holz Neigung zum Werfen zeigt und nicht dauerhaft genug ist. In Trappes und im Washingtoner Systeme sind zu den Aufstiegen keine gewölbten Drachenflächen zur Verwendung gekommen, ebensowenig bis jetzt in Hamburg.

Auch die Gestaltung des hinteren Endes der Fläche ist von Einfluss, insbesondere scheint eine leichte Aufwärtsbiegung desselben, also eine flache S-Form, wie sie beim Vogelflügel im Fluge eintritt, günstig für den Flug zu sein, doch fehlt es noch an genauen Versuchen darüber.

---

4. Abschnitt.

Die verschiedenen Typen von Drachen.

Die gewöhnlichen Papierdrachen der Knaben haben so wenig Hubkraft und fliegen in der Regel so unruhig und unter einem so geringen Höhenwinkel, dass sie für ernstere Zwecke nicht zu gebrauchen sind. Sie mussten also vervollkommnet werden, und zwar je nach dem verfolgten Ziel in verschiedener Weise. Will man einen Drachen einen Gegenstand schleppen lassen, z. B. eine Trosse von einem gestrandeten Schiff ans Land, so kommt es hauptsächlich nur auf die Kraft des Zuges, daneben eventuell auf Lenkbarkeit und schnelle Herstellbarkeit des Drachens an. Will man dagegen meteorologische Registrir-Apparate auf grosse Höhen heben, so muss man Drachen haben, die gleichzeitig völlig stabil sind und möglichst steil stehen, weil bei Drachen, die unter geringem Höhenwinkel steigen, das Gewicht der Leine sehr bald jede weitere Erhebung unmöglich macht. Will man zu Rekognoszirungszwecken einen Menschen heben, so sind grosse Hubkraft und Stabilität zwar in noch höherem Maasse erforderlich, allein da dabei nur Höhen von 10 bis 100 m über dem Boden angestrebt werden, so können die Mittel zur Erreichung dieser Zwecke theilweise andere sein. So ist es zu erklären, dass für militärische Zwecke einfache Drachenformen benutzt werden, die den Meteorologen wegen ihrer geringen Stabilität oder des kleinen Höhenwinkels, den sie erreichen, sehr unvollkommen erscheinen;*) denn wegen der geringen für diese Zwecke erforderlichen Länge der Leine ist es von geringem Belang, ob der Winkel, den die Leine mit dem Boden macht, um einige Grad grösser ist oder nicht, und kann die Stabilität durch mehrere, weit auseinandergehende Halteleinen in genügender Weise gesichert werden.

A. ***Einebenige Drachen.*** Die gewöhnlichen Spiel-Drachen waren bis vor etwa zwei Jahren fast alle von dieser Art. In Hamburg ist die sechseckige Form die beliebteste; ihr Gerüst besteht aus drei Stöcken, die sich im Mittelpunkt kreuzen, und von denen einer (der horizontale) um etwa $^1/_4$ kürzer ist, als die beiden anderen. Wenn nicht zu klein und sorgfältig gemacht, fliegen diese Drachen mit langem Schwanz recht ruhig, aber nicht hoch, selten erreichen sie einen Winkel von 45° über dem Horizont. Oft erweist sich zudem diejenige Schwanzmenge, die nöthig ist, um sie in starkem Winde eben nur stabil zu halten, in flauem Winde als zu schwer für sie. Sie sind daher weder für sehr grosse Höhenunterschiede noch für sehr langdauerndes Fliegen recht geeignet. Die Fesselung geschieht hier stets so, dass die Bucht**)

*) Auf S. 261 des Jahrgangs 1898 vom „Quart. Journ. of the R. Met. Soc." theilt Herr Rotch mit, dass die Drachen von Baden-Powell auf dem Blue Hill probirt, aber nicht genügend stabil in Winden von veränderlicher Stärke befunden worden sind.

**) Die Verzweigung (seemännisch „Hahnepot") der Leine am Drachen, englisch „bridle", wird in Hamburg stets „Bucht" genannt.

Digitized by Google

aus drei Schnüren besteht, die (vgl. Fig. 22) aus *d* nach *a*, *b* und *c* führen und gewöhnlich gleich lang und zwar = *ac* resp. *bc* genommen werden (zuweilen *cd* etwas kürzer). Der Drache lässt sich, wenn Zeug statt Papier angewandt wird, leicht so einrichten, dass er durch Abknöpfen des Zeuges auf den Ecken, Zusammenrollen desselben und Drehung der Stöcke um *c* zu einem bequemen Packen verschnürt werden kann. Es empfiehlt sich, um das Aufschlagen des Drachens abzukürzen, das Zeug an den kürzeren horizontalen Stab anzunageln, und um die Steighöhe des Drachens zu verbessern, den Rand *ab* des Zeuges mit einem Brettchen zu versehen, dass durch eine einfache Vorrichtung in der Bucht, während des Fluges des Drachens, schräge zu seiner Ebene gehalten wird. Lässt man die Aeste *ad* und *bd* der Bucht (Fig. 22) in Draht-Dreiecke enden, wie eines bei *a* auf Fig. 23 dargestellt ist (*ac* ist die Drachenfläche, *c* deren Centrum), so lassen sich leicht die Enden des Brettchens zum Einschieben in die beiden Dreiecke einrichten. Wir haben gesehen (S. 40, c), wie nothwendig ein steifer vorderer Rand für das gute Fliegen des Drachens ist, und wie wirksam eine Wölbung seines vorderen Theiles die Steighöhe verbessert. Unter dem Druck des Windes nimmt das Zeug hinter dem Brettchen die Form der punktirten Linie in Fig. 23 B an.

Der englische Hauptmann B. Baden-Powell, und nach seinem Vorgange auch der St. Petersburger Luftschiffer-Park, benutzen sehr grosse Sechsecke von anderer Form zum Heben von Menschen. Das Gerüst besteht aus einer Längs- und zwei Quer-Stangen von Bambus. Um den Drachen zusammenzufalten, braucht man nur das untere Ende von der Längsstange loszuknöpfen, deren obere Spitze aus der Zeugkappe, in der sie steckt, herauszunehmen und darauf das Zeug um die beiden Querstangen, die in dasselbe eingenäht sind, aufzurollen. Zur Hebung eines Mannes bedient sich Herr Baden-Powell, bei günstigem Winde, gewöhnlich eines Zuges oder Gespannes von hintereinander gespannten vier solchen Drachen, von je ca. 12 qm Oberfläche. Um diesem Gespann die nöthige Stetigkeit zu geben, fesselt er den untersten Drachen mit zwei weit auseinander stehenden Leinen (Seilen), deren Heftpunkte am Erdboden, der Zeichnung nach, gegen 100 m auseinander liegen. Die beiden Buchten sind auf Fig. 24, Klarheit halber, vereinfacht wiedergegeben; Baden-Powell giebt ihnen noch mehr Zweige, um das Gerüst gegen den Winddruck zu stützen. Für die Befestigung der oberen Drachen am untersten, giebt er („Aeronaut. Journal", April 1898, S. 37) mehrere Methoden an, von denen er (ebenda Januar 1899) dem „Parallel"-System (Fig. 25) den Vorzug zu geben scheint.

Merkwürdig ist es, dass diese grossen Sechsecke keinen Schwanz brauchen, während kleinere Drachen dieser Form ohne einen solchen ganz unstabil sind. Baden-Powell giebt an, diese Thatsache auf die Weise entdeckt zu haben, dass einer seiner Drachen einmal unter wilden Bewegungen seinen Schwanz abgeworfen hat, und nun erst hoch emporstieg und sich befriedigend oben erhielt. Herr Griboyèdof in St. Petersburg führt dies mit Bezug auf die ähnlichen Drachen des dortigen Luftschifferparks (in einem Briefe an mich) auf die starke Einbuchtung des Zeuges durch den Wind zurück, durch welche zur Drachenebene normale Flächenkomponenten entstehen, von denen diejenigen, die in die Ebene des Windes fallen, insbesondere der an der Mittelrippe entstehende Kiel, dem Drachen seitliche Stabilität verleihen. Wahrscheinlich liegen indessen diesem Verhalten allgemeinere Ursachen zu Grunde, da auch bei anderen Formen grosse Drachen stabiler sind, als kleine (vergl. oben S. 38, E). Interessant ist ferner die Mittheilung des Herrn Griboyèdof, dass die grossen Drachen dieser Form bei Winden, deren Stärke eine gewisse Stufe überschreitet, beginnen immer niedriger und niedriger zu fliegen, obwohl sie dabei sehr stark ziehen, was er dem zuschreibt, dass bei zunehmender Deformation des Drachens sein Stirn- oder Rumpfwiderstand wächst. Durch schärferes Anspannen des Zeuges erhielt man nach ihm an diesen Drachen eine Verbesserung des Steigwinkels (steileres Stehen), aber gleichzeitig einen Verlust an Stabilität. Noch mehr war beides der Fall, wenn das obere Zeugdreieck bis zur vorderen Horizontalleiste ganz entfernt wurde; dies gelang nur an Drachen, die in Bezug auf Symmetrie besonders genau ausgefallen waren.

B. ***Eddy's Malay-Drachen.*** Diese Drachen unterscheiden sich von den im vorhergehenden besprochenen dadurch, dass ihre Fläche zwar ebenfalls eine zusammenhängende, aber absichtlich vorgewölbt bezw. aus zwei in stumpfem Winkel sich schneidenden Ebenen zusammengesetzt ist.

Herr William A. Eddy zu Bayonne, N.-J., hat sich seit 1890 bemüht, den gewöhnlichen Drachen zu vervollkommnen, ihn zur Erreichung grosser Höhen und zur Verwendung für ernste Zwecke brauchbar zu machen. Dabei gelangte er durch eine auf der Weltausstellung in Chicago erhaltene Anregung zur Erfindung des von ihm „Malay-kite" genannten Drachens. In dieser Form scheint er zwar bei keinem malayischen Volke in Gebrauch zu sein, allein sein Prinzip, das Zurückbiegen der beiden Seiten gegen die Mittelrippe,

Digitized by Google

scheint in Ostasien ziemlich verbreitet zu sein, u. A. auch in Japan. Eddy's Drache ist ungefähr eben so breit wie lang; sein Gerüst besteht aus nur zwei Stöcken, deren einer die gerade Mittelrippe bildet, während der Querstock rückwärts gebogen ist und in einer Entfernung von etwa 19% der Länge vom Kopfe des Drachens an die Mittelrippe angesetzt ist. In Fig. 26 stellt *a* die Mittelrippe, *b* die durch die Schnur *c* gekrümmt gehaltene Querrippe dar, die gewöhnlich ebenfalls hinter dem Zeuge liegt.

Die ersten Versuche des Hebens von Registrir-Apparaten auf dem Blue Hill fanden mit diesen Drachen zu mehreren in ein Gespann vereinigt, statt. Dabei ergab sich als der mangelhafteste Theil des Drachens die Stange *b*, da es schwer ist, eine gleichmässige Krümmung derselben und die nöthige Festigkeit zu erreichen. Unter starkem Winddruck verloren die Drachen daher oft die Symmetrie oder brach der Querstock. An Stelle des gebogenen Stockes wurden deshalb zwei gerade gewählt, die unter einem stumpfen Winkel von ca. 154° auf einander stossen, wie dies Fig. 27 veranschaulicht. *BB* ist ein viereckiges Blechrohr, das in der Mitte einen Ausschnitt zur Aufnahme des Längsstockes *A* hat und seitlich die Querstöcke *DD* aufnimmt. Als Stütze dient ferner das dreieckige Brett *e*, an das die Querstäbe angelascht werden, eventuell noch die Strebe *F*.

Als Material für das Gerüst dienten auf dem Blue Hill Fichtenstäbe (spruce sticks) von rechteckigem Querschnitt, dessen grösserer Durchmesser gleich etwa $^1/_{100}$ der Länge des Stabes und dessen kleinerer etwa halb so gross genommen wurde; ihre Länge betrug zwischen $1^1/_2$ und 3 m. Als Bezug wurde erst Papier, später leichtes Baumwollzeug angewendet; Nanzuk (nainsook) erwies sich als das beste, weil es grosse Leichtigkeit mit genügender Dichte und Festigkeit verbindet.

Drachen dieser Art sollen auf dem Blue Hill gut geflogen sein bei Windstärken zwischen 5 und 18 m pro Sek. (am Boden), und zwar unter Höhenwinkeln von 55° bis 65° (bei kurzer Schnur). Bei 10 m pro Sek. Windgeschwindigkeit betrug der Zug an der Leine ca. 5 kg für das Quadratmeter. Die Verbesserung bestand vorwiegend in der Vergrösserung des Zuges, der Höhenwinkel hat nicht wesentlich zugenommen.

Die Malay-Drachen stehen ohne Schwanz sehr steil, aber nur bei Winden von 5 bis 8 m pro Sek. fliegen sie ruhig und zuverlässig. Bei anderen Windstärken sind sie recht unruhig. Mindestens in den unteren Schichten, bis über 100 m hinauf, ist es nicht selten, dass ein solcher Drache, selbst wenn er einige Stunden gut geflogen ist, entweder anfängt schief zu fliegen und herabschiesst oder, trotz langer Schnur, zu „schwimmen" und zu „tauchen" beginnt, d. i. sich horizontal legt, die Leine sinken lässt und allmählich, wie ein grosser Vogel, sich vorwärts, auf den Beobachter zu, niedersenkt und so, zuweilen in Kreisen, zum Erdboden herabkommt, wenn er nicht rechtzeitig sich noch erholt. In grösseren Höhen ist zwar ihr Flug stetiger, ohne doch volle Gewähr für seine Dauer zu bieten. Die Hinzufügung eines Schweifes erhöht die Stabilität dieser Drachen bedeutend, sei es, dass man einen gewöhnlichen Drachenschwanz mit Papierwickeln oder Zeugstreifchen, sei es, dass man die Archibald'schen Kegel dazu benutzt, wie sie Fig. 28 zeigt. Der Kegelmantel ist aus leichtem Zeug, die dem Drachen zugekehrte Basis ist offen; es ist zweckmässig, auch die Spitze der Kegel durch einen Drahtring offen zu halten. Es ist sehr schwer, die Wirkung des Schweifes klar zu beurtheilen. Während sein beruhigender Einfluss in den meisten Fällen offensichtlich ist, tritt in manchen Fällen mehr schädliche, als nützliche Wirkung von ihm hervor, oder ist auch überhaupt keine Wirkung erkennbar. Mit der Hinzufügung des Schwanzes geht aber auch ein Theil der guten Eigenschaften des Malay-Drachen verloren: er braucht mehr Wind zum Steigen und fliegt unter etwas geringerem Höhenwinkel, seine Behandlung ist etwas zeitraubender und er lässt sich, mit andern zu Gespannen vereinigt, nur als oberster Drache verwenden, da sonst sein Schwanz sich in den Hauptdraht verwickeln könnte, in welchem Falle der Drache sofort umfällt.

Aus diesen Ursachen ist der Malay-Drachen, trotz seiner vielen vortrefflichen Eigenschaften, für meteorologische Zwecke überall durch den Hargrave-Drachen verdrängt worden, der zwar viel unbequemer zu bauen und zu hantieren, auch zerbrechlicher ist und mehr Wind zum Steigen braucht, der aber mehr Stabilität, auch in starkem Winde, besitzt, und dabei z. Th. unter noch besserem Höhenwinkel fliegt, wie der schwanzlose Malay-Drache.

C. ***Hargrave-Drachen.*** Herr Lawrence Hargrave zu Sydney in Australien hat bereits in der Mitte der 80er Jahre, bei seinen Bemühungen zur Herstellung einer Flugmaschine, einen Drachen von eigenartigem Prinzip erfunden, der wegen seiner günstigen Eigenschaften jetzt der am meisten in der meteorologischen Arbeit verwendete Drache ist. In den Schriften der Royal Society of N. S. Wales hat er ihn

Digitized by Google

wiederholt besprochen. In Amerika, wo dieser Drachentypus durch einen Aufsatz für den Aeronautischen Kongress in Chicago 1893, und durch einen zweiten im „American Engineer" im April 1895 bekannt wurde, hat sich dieser Drache seit August 1895 schnell Bahn gebrochen. Von dessen unzähligen Modifikationen will ich hier nur Hargrave's eigene neueste Form, sodann die auf den Stationen des Washingtoner „Weather Bureau" eingeführte und die neueste der auf dem Blue Hill angewandten Formen, sowie endlich die abweichendste, der wir zugleich einige der schönsten Aufstiege verdanken, nämlich den Lamson-Drachen beschreiben.

Der Hargrave-Drache, vom Erfinder „Zellen-Drachen" (cellular kite) und in neuerer Zeit oft „Kasten-Drachen" (box kite) genannt, besteht aus zwei oder mehreren Zellen von Zeug, in der Form von Kästen ohne Boden und Deckel (Fig. 29), die in verschiedener Weise durch Rahmen gespannt erhalten und miteinander verbunden sind. In Hargrave's eigener Form*) besteht (Fig. 30) dieser Rahmen nur aus zwei Langhölzern, die in der Mitte des Drachens nebeneinander liegen und deren jedes die dreifache Länge der Zellen hat, 8 Randhölzern (*E*) an den vier Kanten jeder Zelle, und 4 langen, sowie 8 halben Streben (*C*) von plankonvexem Querschnitt, die diagonal die unteren Randhölzer gegen die oberen Langhölzer und umgekehrt versteifen, wie auf Fig. 30, oben rechts am Querschnitt des Drachens zu sehen ist. Die beiden Längshölzer sind nur durch Schnüre (*B*) in der Mitte jeder Zelle miteinander verbunden; diejenigen in der Vorderzelle endigen nach unten in die Schlinge (*D*) für die Drachenleine, nach oben in diejenige *A*, die zur Befestigung weiterer Drachen beim Fliegen in Gespannen (tandem) dient. Eine „Bucht" bringt Herr Hargrave nicht an; die Befestigungsstelle der Leine ist weit vorne gelegen; sie wird so angegeben auf S. 10, April 1897 des „Aeronautical Journal", und S. 50, Juli 1899; auf S. 53 am letzteren Orte sagt Herr Hargrave allerdings, der beste Platz für die Anheftung der Leine sei beim hinteren Rande der Vorderzelle für starke Winde, für leichte Winde aber „näher zur Mitte", was jedenfalls heissen soll: zur Mitte des Drachens, also eine auffallend achterliche Fesselung empfiehlt.

Der Drache ist ganz ohne Metall gebaut, wo feste Verbindungen im Rahmen vorhanden, sind sie durch Laschung mit Schnüren oder Garn hergestellt; doch ist der Rahmen sehr leicht auseinander zu nehmen und zu einer kompendiösen Rolle zu verpacken. Die Flächen sind gewölbt durch einige Rippen, die ihre Krümmung dadurch bekommen, dass sie aus 2 oder 3 Lagen aufeinander geleimten Holzes gebildet werden, das die Form behält, die ihm beim Leimen ertheilt wurde.

Als Beweis für die ausserordentliche Stabilität dieser Drachen führt Hargrave an, dass, als am 22. Juli 1897 im Sturme eines der Randhölzer zerbrach und ein Strebenpaar herunterfiel, der Drachen dennoch fortfuhr, stetig zu fliegen.

Ein Drachen dieser Art von $8^1/_3$ qm wog $5^2/_3$ kg, also 0.68 kg pro Quadratmeter, „woran noch etwas gespart werden könnte durch Anwendung leichteren Zeuges." Für den Rahmen verwendet Herr Hargrave leichtes Nadelholz von Oregon, während er früher „red wood" verwendete. Von Bambus erklärt er noch kein Stück gesehen zu haben, dass er hätte für einen Drachen verwenden mögen.

In Washington ist das Weather-Bureau, nach Durchprobirung einer grossen Zahl von Drachenformen, wovon Fig. 31 einige der Querschnitte (rechtwinklig zur Längsrichtung des Drachens) zeigt, ebenfalls auf der rechtwinkligen Form des Hargrave-Drachens als der vortheilhaftesten stehen geblieben, jedoch mit anderem Bau des Rahmens. Prof. Marvin wurde durch theoretische Erwägungen zu der Ansicht geführt, „dass die einfache rechtwinkelige Zelle bereits die beste Form sei, die wir als Grundlage für Zellen- und mehrflächige Drachen haben." Gegen den Rahmen, wie er auf Grund von Hargrave's Angaben durch Herrn Potter ausgeführt worden war, hatte er jedoch einige Bedenken, vor allem gegen die losen Ränder des Zeuges, die flatternde, wellenförmige Bewegungen des Zeuges unvermeidlich erscheinen lassen. Das Resultat ist die Einfassung aller Zeugränder durch Stäbe, während die Diagonalstäbe von Hargrave durch zahlreiche Drähte ersetzt werden, die diese Stäbe in ihrer Stellung zu einander erhalten. Fig. II, Tafel 2, der Instruktion des Weather-Bureaus für seine Drachen-Beobachter**) entnommen, veranschaulicht den Normaldrachen des Weather-Bureaus, mit dem zur Zeit, so viel hier bekannt, 17 Stationen in den Vereinigten Staaten in mehreren Exemplaren ausgerüstet sind.

*) Vergl. Aeronautical Journal, April 1897, S. 10 und Juli 1899, S. 50. Diese Form ist nach Hargrave's eigenem Ausspruch, aus einer endlosen Menge verschiedener hervorgegangen durch „survival of the fittest".

**) Instruction for Aerial Observer, by Prof. Marvin. Washington 1898. 33 S. 8°. (Circular K.)

Digitized by Google

Hargrave selbst hat sich zwar gegen diese Bauart ausgesprochen („This style appears to me barbaric", sagt er im Aeron. Journal, Juli 1899, S. 50); aber für Hochaufstiege mit meteorologischen Instrumenten ist zur Zeit dieses in seinen Hauptzügen auch auf dem Blue Hill und in Trappes angenommene System das einzige ausreichend erprobte, während Hargrave selbst seine Drachen nie in grosse Höhen emporgelassen hat; zudem sind Originaldrachen von Hargrave zur Zeit, soviel mir bekannt, ausser bei ihm selbst, nur in der „Aeronautical Society" in London vorhanden,*) während solche der amerikanischen Variante seines Systems in Europa sowohl in Original-Exemplaren oder Modellen vom Blue Hill und aus Washington, als in bewährten Nachbildungen an mehreren Stellen vorhanden sind. Beim Drachenbau kommt es aber auf so viele schwer zu beschreibende Kleinigkeiten an, dass man gewärtig sein muss, sehr viel Zeit und Mühe zu verschwenden, wenn man ohne ein gutes Muster oder eigene Erfahrungen den Bau meteorologischer Drachen beginnt.

Eine andere Variante des Hargrave-Systems, die von den Herren Potter und W. H. Smith in Nordamerika ausgebildet worden ist (vergl. Illustr. Aeronaut. Mittheil., 1899, S. 85), hat seit vorigem Jahre in Hamburg als Spieldrache Verbreitung gefunden: ein Prisma von quadratischem Querschnitt, das an einer seiner Kanten etwas oberhalb des hinteren Randes der Vorderzelle an die Leine gefesselt ist; die Länge beider Zellen ist gleich, die des freien Zwischenraums etwa 50% grösser. Der Rahmen besteht aus vier Längshölzern, die die Kanten bilden, und vier federnden Querhölzern, deren je zwei in jeder Zelle ein Kreuz bilden; an ihren Enden haben sie Einschnitte, die beim Einschieben in Einschnitte der Längsstöcke einspringen. Das ganze hat ziemlich viel Steifigkeit, besonders wenn man die beiden Kreuze nach aussen wölbt und ihre Mitten durch einen Bindfaden mit einander verbindet. Nach Herausnahme der Querhölzer lässt sich der Drache zu einem bequemen Packet zusammen rollen. Fig. 32A stellt ihn zusammengerollt, Fig. 32B im Fluge dar.

Eine interessante Kombination dieser quadratischen Prismen hat in letztem Sommer Herr Wilh. Trappe in Hamburg gefunden, indem er 2 bis 7 derselben mit ihren Randleisten zusammen bindet und ihre Halteschnüre zu einer Bucht vereinigt, wie es Figur 32C im Querschnitt eines solchen Zellen-Systems aus fünf Drachen zeigt. Dieses eigenthümliche, $2^1/_2$ m breite und nur 80 cm lange Gebilde, das am Himmel als schmales buntes Band erscheint, fliegt überraschend stabil und steil.

Die Zellendrachen des Blue Hill-Observatoriums unterscheiden sich von jenen des U. S. Weather Bureaus wesentlich nur durch die Wölbung ihrer tragenden Flächen und durch die elastische Bucht. Ueber die letztere berichten wir weiter unten. Für die Krümmung der Flächen wurden Hargrave's neuere Resultate zu Grunde gelegt, wonach unter einer Wölbung, deren höchster Punkt nur $^1/_3$ oder $^1/_4$ ihrer Länge vom vorderen Rande entfernt ist und deren Tiefe etwa $^1/_{10}$ ihrer Länge beträgt, wenn sie vom Winde unter spitzem Winkel getroffen wird, ein Luftwirbel von der auf Fig. 20 dargestellten Art entsteht, durch den die Platte zum Schweben gebracht wird. Dass der Hub bei gewölbten Flächen bedeutend grösser ist, als bei ebenen, hat bekanntlich bereits vor Jahren Lilienthal nachdrücklich hervorgehoben. Nach Hargrave ist es indessen zur Bildung des hebenden Wirbels erforderlich, dass die grösste Tiefe der Wölbung nahe an ihrem vorderen Rande und dass dieser Theil derselben starr sei. An den neueren Drachen des Blue Hill-Observatoriums wird deshalb das Gewölbe bis zu seinem höchsten Punkt aus einer dünnen Platte von Fournierholz, an denen zu Berlin-Tegel aus Stahlblech gemacht.

Aus den Detail-Photographien, die ich der Güte des Herrn Rotch verdanke, erkennt man, dass diese Platte an jedem der vier Segel durch hakenförmige Holzstücke von der Form (Fig. 33) an dem Gerüst des Drachens festgehalten wird. Der obere schräge Stock dieser Zeichnung findet sich nur an den vier Längskanten des Drachens; die je drei mittleren Haken des Segels tragen keinen solchen Stock. Ein im Blue Hill-Bulletin No. 3 von 1899 beschriebener Drache hat solche Gewölbe nur an drei von den Segeln, das obere Segel der hinteren Zelle aber ist platt und sein hinterer Rand um 10° gehoben, um den Drachen zu verhindern, sich horizontal zu legen. Dagegen sind an dem Drachen, den die oben erwähnten neueren Photographien darstellen, alle vier Segel in dieser Weise gewölbt. Die Gesamtansicht dieses Drachens giebt Fig. III, Taf. 2. Nach der Mittheilung des „Bulletins" fliegen diese Drachen, in gutem Winde bei kurzer Leine, unter einem mittleren Höhenwinkel von 62°, während der bis dahin beste Drache des Blue Hill, Lamson's sogleich zu beschreibender „Aerocurve", 58° ergab.

*) Es ist leider weder der Seewarte, noch dem Preuss. Meteorol. Institut gelungen, einen Originaldrachen von Hargrave wenigstens leihweise sich zu verschaffen. Die Anfrage der Seewarte in London ist unbeantwortet geblieben.

Digitized by Google

Auch Lamson's Drache ist nach Hargrave's Prinzip eine Verbindung von Tragflächen und vertikalen Flächen, die in zwei „Zellen" hintereinander angeordnet sind. Allein die Form und relative Grösse dieser Flächen ist eigenthümlich, wie man aus Fig. IV, Tafel 2, erkennt, der Kopie einer vortrefflichen Photographie, die ich der Güte des Herrn Teisserenc de Bort verdanke. Der dargestellte Drache ist auf dessen Privat-Observatorium zu Trappes (S. et Oise) gebaut. Herr Teisserenc de Bort schreibt mir am 2. Februar 1899: „Je considère ce genre de cerf volant comme très bon. Un seul de ces cerfs volants m'a porté à 1800 m un enrégistreur — soit environ 13 kg, sans compter le poids du cerf volant. Vous pouvez construire ces cerfs volants de façon qu'il ne pèsait que 650 à 700 grammes par mètre carré. La partie délicate de ce modèle est dans le bras inférieur qui cassait facilement sous l'effet du vent; il faut soit la faire un peu solide, soit la consolider par une traverse *AB**) qui la empêche de plier. J'emploi d'ordinaire les Hargraves plus faciles à construire et qui vont très bien."

Ein besonders wesentlicher Zug dieses Drachens, dem er seine Benennung „aero-curve" verdankt, sind die gekrümmten Längsrippen, durch die die beiden vorderen Segel eine gewölbte Form erhalten. Wenn ich nicht irre, so war Herr Lamson der erste, der diese annähernd starre Wölbung, wie sie nach Lilienthals Vorgang Chanute, Langley u. A. an ihren Flugmaschinen anwenden, bei Drachen einführte, und ist Hargrave erst später auf diesen Punkt eingegangen. Bis dahin hatte man den Nutzen der Wölbung zwar auch bei Drachen wohl festgestellt, aber ihre Hervorbringung dem Winde überlassen und sich begnügt, das Zeug an der richtigen Stelle lose zu lassen, damit es sich aufblähen könne.

D. ***Nikel-Drache.*** Der Drache, den ein Mitglied des Wiener Flugtechnischen Vereins, Herr Ingenieur Nikel, nach dem Muster des Drachenfliegers von Kress erbaut und am 19. August 1898 zuerst probirt hat, theilt mit dem Hargrave-Drachen das Prinzip der Zertheilung der Fläche, hat aber alle tragenden Flächen im Ruhezustand in einer Ebene, statt in mindestens zweien, wie der letztgenannte Drache. Dadurch hat er, wie Fig. Va es zeigt, eine unbequem grosse Länge, und vermag die vertikalen Steuerflächen nicht als Verbindungsstücke zwischen beiden Drachenflächen, sondern nur als besonderes Steuer am hinteren Ende zu tragen. Dieses würde wohl kaum ausreichen, ihn stabil zu machen, wenn nicht die einzelnen Flügel, wie die Figur es zeigt, im Winde stark zurückgebogen würden, so dass der Drache dem Malay-Drachen in bezug auf die Stellung der Tragflächen ähnelt. Der in Fig. Va und b, Tafel 2, abgebildete erste Drache dieser Form hatte eine Länge von 8 m, eine Breite von 4 m und eine Gesamtfläche von 12.2 qm, die aus 6 Flügelpaaren bestand; sein Gewicht betrug $7\frac{1}{2}$ kg, also 0.61 kg pro qm. Jedem dieser Flügel dient als Rahmen eine gebogene Weidenruthe, die seinen vorderen Rand bildet; sein hinterer Rand ist frei, nur in seiner Mitte durch ein Band nach dem folgenden Flügel hingezogen. Unter dem Winddrucke heben sich die Flügel jalousieartig von einander ab, wie Fig. Vb erkennen lässt; das ist wohl die Ursache dafür, dass die Flächen bei diesem Drachen so viel näher hintereinander liegen können, als beim Hargrave-Drachen, was die Unbequemlichkeit ihrer Anordnung in einer Ebene mildert; immerhin verlangt ein Drache von 8 m Länge einen recht grossen Aufbewahrungsraum. Genauere Angaben über das Verhalten des Drachens fehlen noch. Die enthusiastische Schilderung, die der Erfinder in der „Leipziger Illustrirten Zeitung" und den „Illustr. Aeronaut. Mittheilungen", Januarheft 1899, gegeben hat, wird bestätigt durch einen Brief von Herrn Direktor Dr. Pernter, der mir unterm 18. Oktober 1898 schrieb: „Das Probemodell hatte 15 qm Fläche und bewährte sich ausserordentlich, grandios. Ich liess daraufhin sofort einen Drachen dieses Systems von 22 qm Fläche konstruiren, der im November fertig werden soll." Die Erwartungen scheinen sich indessen bis jetzt nicht bestätigt zu haben, wahrscheinlich weil das damals nur bei schwachen Winden probirte Modell sich in grösseren Windstärken als allzu biegsam erwiesen hat. Marvin, Fergusson, Rotch und Teisserenc de Bort (mündlich), sie alle verlangen wohl mit Recht von einem Drachen für hohe Aufstiege möglichste Starrheit, da Stangen, die sich biegen, dies sehr selten gleichmässig thun, und dadurch die Symmetrie des Drachens unter starkem Druck gestört wird. Auch die Drachen der Seewarte waren nicht stabil, so lange ich sie biegsam bauen liess. Biegsamkeit des Gestells hätte für Drachen manche Vortheile — besonders ist da die geringere Zerbrechlichkeit und bessere Zusammenlegbarkeit anzuführen — aber der genannte Umstand nöthigt uns, diese Eigenschaft für die wesentlichen Theile des Drachens auszuschliessen.

E. ***Der Treppendrache*** weicht von allen mir bekannten Drachentypen darin ab, dass er die beim Nikel'schen Drachen anscheinend unabsichtlich nur unter dem Druck des Windes auf ein biegsames System

*) Die Querstange, an der auf Fig. IV die beiden Männer den Drachen emporheben.

Digitized by Google

sich einstellende jalousieförmige Anordnung der Trageflächen in völlig starrer Weise von vorn herein herstellt, und zwar in solchem Maasse, dass diese Flächen einander überhaupt kaum mehr beeinflussen, sondern alle dem Winde voll exponirt sind. Gegen seitliche Bewegungen besitzt dieser Drache durchgehende vertikale Flächen und zugleich eventuell ein Mittel-Steuer. Endlich lässt sich die Tragefläche dieses Drachens durch Einsetzen oder Herausnehmen von Zwischensegeln in kürzester Zeit nach den Umständen vergrössern oder verkleinern.

Die genaue Beschreibung dieses erst Anfang Juni 1901 von mir erfundenen*) Drachens findet man am Ende dieses Abschnitts bei Besprechung der Drachen der Seewarte, seine Abbildung auf Taf. 2, Fig. VI u. VII.

Die Drachen der Seewarte.

Abgesehen von einigen versuchsweise gebauten anderen Drachen-Formen, die sich nicht lebensfähig erwiesen, gehören die Drachen der Seewarte drei guten Typen an; es sind theils „Malay-“ bezw. Eddy-Drachen, theils Hargrave'sche Kasten-Drachen von der rechtwinkeligen zweizelligen Form, theils endlich Drachen des erst im Juni 1901 erfundenen Treppen-Typus, welche die Vortheile dieser beiden Systeme vereinigen und ihre Nachtheile in gemilderter Form zeigen. Diese Vortheile sind beim Malay-Drachen sein Steigen bei leichtem Wind, beim Hargrave seine Stabilität, bei beiden der grosse Steigwinkel; die Nachtheile sind beim Malay der Mangel an Stabilität, beim Hargrave sein Versagen bei schwachem Wind, seine Komplizirtheit, Zerbrechlichkeit und grosses Volum.

a) ***Die Malay-Drachen*** sind in Grössen von $^1/_2$ bis 3 Quadratmetern erbaut und benutzt worden und zwar, mit Ausnahme derjenigen unter 1 qm, die nicht zusammenlegbar sind, stets nach folgendem, bereits 1898 von mir gewählten

„Modell Seewarte 1898“

An der Längsstange, deren Kopfende dicker als das Schwanzende ist, findet sich in einer Entfernung von 18 bis 20% der Gesamtlänge ein dreieckiges Querbrett, in dessen stumpfe — 152° fassende — Vorderecke die Längsstange eingelassen ist. Für diese Längsstange habe ich bei allen Malay-Drachen von 2 und mehr Quadratmetern Grösse eine Kombination von Bambus und einer mit Draht darauf festgebundenen Leiste von Fichtenholz genommen; letztere dient sowohl zur Verstärkung, als insbesondere zum Draufnageln des Zeuges. Diese Kombination ist sehr leicht und fest; es ist mir, trotz beständigen Gebrauchs, noch kein solcher Längsstab gebrochen, wohl aber in mehreren Fällen einer der leicht zu erneuernden Querarme.

Die Verbindung des Längsstockes und der Arme mit dem Querbrett wird durch ein Blech hergestellt, dessen Anfertigung aus Fig. 32 A bis C ersichtlich ist. In ein rechteckiges Blechstück werden die Einschnitte *eeee* gemacht und darauf in den Knicken *a* und *b* die vier Flügel rechtwinklig zurückgebogen. Auf die Mitte des Blechs wird zur Verstärkung des Kreuzungspunktes ein zweites (durch die punktirte Linie angedeutetes) Blech gelöthet. Das senkrechte Mittelstück wird auf den Längsstock aufgenagelt, das Querbrett, das in seiner stumpfen Ecke einen passenden Ausschnitt haben muss, hinter den Längsstock gesetzt, und darauf werden die zurückgebogenen Flügel des Bleches in solcher Lage auf das Querbrett genagelt, das zwischen diesem und dem Blech gerade Raum zum Einschieben der beiden Arme bleibt, deren Länge gleich der halben Länge des Längsstockes ist. In die freien Enden dieser Arme sind Schrauben eingesetzt, auf deren Köpfe die Ecken des Zeuges mittels je eines Drahtringes geknöpft werden, in den die Lieke befestigt sind; von den letzteren werden die beiden oberen resp. vorderen durch verzinnten Eisendraht, die beiden hinteren durch Hanfschnur gebildet. Die anderen Enden der Lieke sind an zwei Schraub-Oesen befestigt, die in die beiden Enden der Mittelstange eingeschraubt sind, und zwar je in einen Holzpfropf, der in das Ende des Bambusrohres eingesetzt ist. Die vorderen eisernen Lieke sind durch Augen mit dieser Oese fest verbunden, die hinteren Schnur-Lieke werden, zusammen gebunden, nur hinter die Oese geknöpft. Um alles unnütze Gewicht zu vermeiden, sind die Stangen nach den Enden zu verjüngt, mit Ausnahme des vorderen, mit dem der Drache gewöhnlich zuerst den Boden berührt. Diese Verjüngung ist beim Längsstock durch den Wuchs des Bambus gegeben, bei den Armen durch Zuschärfen der Holzstöcke auf deren unteren bezw. Windseite erreicht. In seiner Mittellinie ist das Zeug an den Längsstock genagelt, mit Unterlegung einer

*) Die treppen- oder jalousieförmige Anordnung der Flächen ist für Flugmaschinen längst vorgeschlagen worden; nur für Drachen ist sie, meines Wissens, neu.

Digitized by Google

Schnur unter die Nagelköpfe; zum Zusammenlegen des Drachens werden nur (in der Regel nach vorhergehender Entspannung durch Abnahme des Lieks vom Hinterende) die Seitenecken von den Schraubköpfen abgeknöpft, die Arme aus den Blechhülsen gezogen, das Zeug zusammengelegt und mit den Armen zusammen an die Längsleiste gebunden (gezeist), durch zwei kurze Schnüre (Zeisinge), die sich an dieser befinden. Da die Arme aus weichem Fichtenholz bestehen, können die Endschrauben sich in der starken Spannung herausarbeiten, wenn sie nicht richtig (schräg) eingeschraubt und das Holz durch aufgesetzte Drahtlaschung verfestigt ist. Die Querschnitte sind ungefähr die folgenden:

		Bambus	
	Holzleiste	dickes Ende	dünnes Ende
Bei einem Drachen von 2—3 qm.....	7×11 mm	25 mm	20 mm
» » » » 1—2 »	7×11 »	20 »	15 »

Die Ecken des Zeuges sind zum Schutz mit Handschuhleder übernäht.

Das Gewicht der Drachen in dieser Ausführung, mit Nanzuk-Bezug, beträgt 0.5 bis 0.6 kg pro Quadratmeter Fläche. Sie sind also relativ sehr leicht, dabei doch kräftig und dauerhaft. Sie fliegen, sobald der Wind auf dem Drachenplatze (2 m über dem Erdboden) 3 m pro Sek. und auf dem Thurme der Seewarte (28 m über dem Boden) $4^1/_2$ m pro Sek. übersteigt; thut er dies aber nur in kurzen Puffen von wenigen Minuten, so kommen sie nicht zum Stehen und lassen sich nicht über den ersten Sprung hinaus hoch bringen. Flaut der Wind unter diese Grenze ab, so schaukeln sie, legen sich vorn über und schweben langsam vorwärts und abwärts, die Leine hängen lassend; sind sie hoch genug, so erholen sie sich indessen meist noch vor Erreichung des Bodens und steigen wieder empor; wenn nicht, so gleiten sie gegen den Wind oder in grossen Kreisen zum Boden nieder. Ist der Wind stark — gemeinhin schon von 8 m pro Sek. an — so werden die beiden hinteren Schrägseiten eingedrückt, der Drachen erscheint in der Form Fig. 35. Dabei aber wird der Druck auf die Seiten ungleich, der Drache wird, der Kopf voraus, zur Seite und zugleich herab gedrückt und schiesst entweder in einem grossen Kreise herum oder, nach immer weiterem Niederdrücken, zu Boden. Dieser Mangel an Stabilität ist der grosse Vorwurf, den man diesen sonst vortrefflichen Drachen machen muss und der seine Verwendbarkeit sehr einschränkt.

b) ***Kasten- oder Hargrave-Drachen*** wurden bei den Versuchen der Seewarte in verschiedenen Ausführungen angewandt; alle aber, bis auf einen Dreikanter, hatten sie die rektanguläre Kastenform und fast alle waren, nach amerikanischem Vorbild, an allen Kanten von durchgehenden Holzleisten eingefasst. Abgesehen von einem 5 qm grossen zusammenlegbaren Kastendrachen, der 1899 gebaut wurde und eine Reihe von Malen aufstieg, aber sich als nicht genügend stabil erwies, wurde einerseits der $6^1/_3$ qm grosse Marvin-Drache aus Washington, andererseits eine Anzahl kleinerer Drachen von 2 bis 4 qm in den Versuchen benutzt; deren Beschreibung soll nunmehr folgen.

Bemerkt sei hier noch, dass die theilweise Ausfüllung der mittleren leeren Zelle der Hargrave-Drachen, die ich einige Male versucht habe, keine schädlichen, aber auch keine erheblichen nützlichen Wirkungen zeigte. Diese Ausfüllung ist in verschiedener Weise erfolgt; im Querschnitt (Fig. 36) waren es bald die Seitenflächen *ac* und *bd*, bald die obere Tragfläche *ab*, die beigefügt wurden, jedoch nur in vereinzelten Fällen; eine günstige Wirkung zeigte die Anbringung der schrägen Fläche *amb* insofern, als der Drache, bei guter Stabilität, ein besonders sanftes Landen aufweist: beim Fallen legt er sich horizontal und *amb* wirkt als Fallschirmfläche. Meine Erwartung, dass die Zeugfläche *amb* das erste Aufsteigen des Drachens erleichtern würde, bestätigte sich dagegen nicht; auch mit dieser Fläche steigen die Kastendrachen weit schwerer, als die weiter unten beschriebenen Treppendrachen, und verlangen annähernd 6 m pro Sek. Windgeschwindigkeit. Doch verdienen diese Experimente weiter verfolgt zu werden, da ja erst die Erprobung unter den verschiedensten Windverhältnissen ein definitives Urtheil gestattet. Ein Verlust an Stabilität durch die Fläche *amb* hat sich, auch bei relativ hohen Aufstiegen, nicht gezeigt.

b_1) *Der grosse Marvin-Drache.* Diese Varietät des Hargrave-Drachens, die zu allen Aufstiegen im Systeme des Washingtoner Weather-Bureaus während des Bestehens seiner 17 Drachenstationen gedient hat, ist von Prof. Marvin erst nach Veröffentlichung seiner grundlegenden, in der „Monthly Weather Review" erschienenen Untersuchungen erfunden und ist nirgends eingehend beschrieben und begründet worden. Abbildungen desselben sind wiederholt publizirt worden und eine knappe Anleitung zu seiner Zusammensetzung und Behandlung findet sich in den „Instructions for Aerial Observers" (Washington 1898). Die Seewarte

Digitized by Google

hat, wie in Abschnitt 1 gesagt ist, einen Original-Drachen dieses Modells aus Washington verschrieben und zu den meisten ihrer Drachenaufstiege verwendet, wobei allerdings nach und nach die meisten Stäbe des Gestells zerbrochen und durch neue ersetzt worden sind, das Zeug aber bis vor kurzem fast unbeschädigt geblieben ist, ebenso alle Spanndrähte und die Mehrzahl der Verbindungsbleche.

Fig. II, Tafel 2, giebt die Ansicht dieses Drachens. Man erkennt, dass er in der vorderen Zelle 3, in der hinteren 2 Tragflächen besitzt; dabei ist die Breite des Drachens ungewöhnlich gross, ebenso gross, wie seine Länge. Das Prinzip dieser Bauart ist durchaus rationell; da die Hubkraft der Drachenfläche von deren vorderem zum hinteren Rande schnell abnimmt, so ist es vortheilhaft, so viel Vorderrand zu haben, als sich mit der Stabilität verträgt, während das Hinterende des Drachens, das die meiste Steuerwirkung ausübt, in der Grösse seiner vertikalen Flächen dem vorderen mindestens gleichkommen soll; die durch die Zwischenfläche der Vorderzelle nothwendig gemachte grosse Tiefe des Drachens liefert naturgemäss auch grosse hintere Steuerflächen. Die nur durch diese eigenthümliche Anordnung der Flächen erklärliche Lage der Haupt-Fesselungsstelle am vorderen Rande des ganzen Drachens bedingt zugleich manche Vortheile in der Anordnung der Drachen. Seltsamerweise scheint diese Fesselungsstelle durch die absolute Grösse des Drachens beeinflusst zu sein, denn eine verkleinerte Kopie desselben, bei der Breite, Länge und Tiefen 60% von den Maassen des grossen Drachens erhielten, muss trotz seiner 5 Tragflächen, ebenso wie die vierflächigen, am hinteren Rande der Vorderzelle gefesselt werden, um richtig zu fliegen, und nicht an deren Vorderrande. Allerdings ist das Gerüst der Hinterzelle in diesem kleinen Drachen einfacher, als im grossen, und der Schwerpunkt etwas weiter nach vorn verschoben, aber es ist nicht ersichtlich, wie dieses eine so bedeutende Aenderung der Anheftungsstelle der Leine bedingen kann. Ausserdem fliegt der Drache, so weit er bis jetzt probirt ist, unter einem Höhenwinkel von nur 40° — 50°, statt 50° — 65°, wie der grosse. Es ist zu bedauern, dass Prof. Marvin seine vortrefflichen theoretischen Betrachtungen über den Drachenflug nicht durch eine Theorie seines fünfflächigen Drachens vervollständigt hat.

In der Handhabung dieses Drachens bin ich insofern von Marvin abgewichen, als ich die Zerreiss-Bucht durch eine elastische Bucht ersetzt habe (vergl. Abschnitt 6) und je länger je mehr dazu übergegangen bin, an seinem Rücken die Leine eines zweiten, kleineren Drachens zu befestigen, der früher aufgelassen wird, den grossen, mit dem Registrir-Instrument beschwerten Drachen anhebt und ihn beim Landen sanft niederlässt (vergl. Abschnitt 7).

Die Querschnitte der zum Bau eines Marvin-Drachen von $6^1/_3$ qm erforderlichen Stäbe sind in Fig. 49 in natürlicher Grösse dargestellt, und zwar für 1, 2, 4 und 6 des folgenden Verzeichnisses in Fig. 49c, für 5 in Fig. 49d, für 3 in Fig. 49e. Es sind dies die folgenden Stäbe:

A) für die 4 Rahmen:

1) 8 Querstäbe von 200 cm Länge;
2) 12 starke Streben von 80.2 cm Länge;
3) dünne Stöcke für das innere Gerüst, und zwar 2 ganze Querstäbe von 196 cm Länge, 4 halbe von 98 cm, 8 Streben von 80.2 cm.

Der Bau des Drachens beginnt damit, dass die genannten Leisten zu vier Rahmen verbunden werden vermittels der sogleich zu beschreibenden Bleche und Laschungen, und die im voraus in richtiger Länge hergestellten, an jedem Ende mit einem Auge versehenen stählernen Spanndrähte an ihre Plätze gebracht werden. Alsdann werden die Längsstäbe eingesetzt, und das Gerüst ist fertig;

B) Längsstäbe:

4) die 4 Kantstäbe von 202 cm Länge;
5) die 2 starken Mittelstäbe von 229 cm und 224 cm Länge; endlich
6) 3 Spreizstäbe für die Mittelfläche der Vorderzelle, Querschnitt wie der der Streben 2, Länge 61 cm.

Ein sehr wesentlicher Vortheil dieses Drachens liegt in seiner leichten Reparatur bei Havarien, die eine Folge davon ist, dass in seinen eigenthümlich geformten Winkelblechen die Spanndrähte mittels Stiften und die Längsleisten mittels Schrauben befestigt sind, die beide leicht herauszunehmen sind. Fig. 37 zeigt den Querschnitt einer solchen Verbindung, *a* ist eine Längsleiste, *b* eine Querleiste, *c* eine Strebe, *dd* Spanndrähte, *ee* und *ee* die erwähnten Winkelbleche, *ff* Schrauben, unter deren Köpfen Bleche zum Schutz des

Digitized by Google

Holzes gelegt sind, während sie gegenüber in den Muttern *gg* sitzen. Das Endauge jedes Spanndrahtes geht durch einen Schlitz des Winkelblechs und wird durch einen Stift gehalten, der hinter das Winkelblech geschoben ist.

Diese Bleche sind von einer eigenthümlichen, sehr zweckmässigen Gestalt. Fig. 38 stellt in natürlicher Grösse das platte, noch nicht gestanzte Blech dar, Fig. 39 dasselbe Blech, nachdem es die Stanze passirt hat. Der breite Lappen ist zur Aufnahme der Breitseite einer der Leisten, die zur Seite gerichteten und der nach unten gehende Lappen zur Aufnahme der Schmalseite zweier anderen Leisten bestimmt. Der erstere wird mit Schraube und Mutter befestigt, die Seitenlappen nur festgelascht, der abwärts gerichtete Lappen wird mit Stiften befestigt und gelascht. Nach den von Washington erhaltenen Mustern hat die Seewarte für diese Bleche zwei sogen. „Schnitte" und eine Stanze anfertigen lassen; für die quadratischen Blech-Unterlagen für die Schraubenköpfe und für die T-förmigen Bleche ist hier kein besonderer Schnitt vorhanden, sie werden vielmehr durch Theilung der Vollbleche hergestellt. Bleche dieser Arten können unter Angabe der Dicke, vom Mechaniker Gudenberg in Hamburg-Eimsbüttel (Bismarckstrasse) bezogen werden. Für die $6^1/_3$ qm-Drachen werden Bleche von 0.56 mm (Gewicht 3.75 g), für die 4 qm-Drachen solche ebenfalls aus Weissblech, aber grossentheils 0.4 mm dick genommen (Gewicht 2.0 g), für 2 qm-Drachen Magnaliumbleche von 0.5 mm Stärke (Gewicht 1.0 g), die sich gut bewähren.

Ausser 48 Blechen der eben beschriebenen Gestalt sind in einem Marvin-Drachen 30 T-förmige Bleche ohne den Lappen *A* und ferner 48 vierkantige Bleche *A* als Unterlagen für die Schraubenköpfe erforderlich. Alle Bleche und Schrauben eines Marvin-Drachens von $6^1/_3$ qm Tragfläche wiegen zusammen 363 g.

Die Längsstäbe werden an die vier Querrahmen durch Schrauben und Muttern befestigt (die Muttern kommen auf die Innenseite). Die einzusetzenden Spanndrähte müssen sehr genau abgemessen sein, da sie weder lose sein, noch den Rahmen verbiegen dürfen. Man erreicht dieses, indem man die Augen an ihren Enden über entsprechend von einander entfernten Nägeln auf einem Brett herstellt. Hat man einmal die richtige Länge heraus, so ist das Herausnehmen eines Drahtendes und dessen Wiederbefestigung in seiner Lage Sache weniger Minuten und ist man der richtigen Form des Drachens ohne weiteres Messen sicher.

Steht das Gestell fertig da, so wird der Drache bezogen. Hierzu wird eine Zeugbahn, von der Breite des Zwischenraums der Querleisten jeder der Zellen des Drachens mit Einlegung einer Schnur (eines Lieks) gesäumt und rund um den Rahmen geschlagen. Die Enden dieser Bahn werden in solider Weise mit mehreren Nähten gesäumt und dann mit starkem Garn aneinander geheftet.

Das Zeug muss eben genügend gespannt sein, ohne die Leisten bedeutend zu krümmen; eine anfängliche leichte Krümmung der Längsleisten schadet in sofern nicht, als das Zeug sich im Winde reckt und dann nachgiebt. Die beiden Längsränder der Bahn werden mit Bindfaden in etwa $^1/_2$ cm grossen Stichen an die Leisten angenäht und nach jedem zehnten Stich etwa unverrückbar befestigt. Diese Befestigungsart ergiebt das geringste Gewicht; freilich bedingt sie beim Bruch eines Querholzes ein etwas umständliches Neu-Benähen des Holzes; deshalb habe ich sie neuerdings durch das Aufnähen von plattem Band in passenden Abständen ersetzt, durch welche die Leiste durchgesteckt wird. Die drei kurzen Längsstäbe, welche die Zwischenfläche der Vorderzelle spreizen, liegen in Hohlsäumen und sind mit anders geformten einfacheren Blechen in dem Rahmen festgelascht.

Zum Transport werden die Längsstöcke herausgenommen und die Querrahmen aneinander geschoben; um die Bleche vor Bruch zu schützen, empfiehlt es sich, die Längsstöcke durch ca. 1 dm lange Leisten zu ersetzen, an die die Endbleche geschraubt werden. Beim Aufschlagen sind die 4 Kantstäbe innerhalb, die 2 Mittelstäbe ausserhalb des Zeuges zu setzen.

Die Dimensionen des Marvin-Drachens zwischen den Aussenrändern der Leisten sind die folgenden: Breite 198 cm, Länge der drei Zellen 64+72+64 cm,*) insgesamt 200 cm, Tiefe 82 cm; jede der fünf Tragflächen ist also $0.64 \times 1.98 = 1.27$ qm gross, ihr Gesamtareal also 6.35 qm. Das Gewicht des Drachens beträgt 4.00 kg, also 630 g pro Quadratmeter.

Der Originaldrache aus Washington ist bei den meisten Aufstiegen vom November 1899 bis Anfang 1901 zur Verwendung gekommen und hat eine Anzahl von Malen Leisten gebrochen, die aber gleich ersetzt werden konnten, ohne dass das Zeug oder die Drähte hätten erneuert werden müssen.

*) Die Breite der Leisten ist hier den beiden Endzellen zugeschlagen, da auch sie Tragflächen darstellen.

Digitized by Google

b_2) An *kleineren Kastendrachen* besitzt die Seewarte einerseits 10 selbstgebaute von verschiedener Grösse, andererseits einen von Herrn Teisserenc de Bort geschenkten Drachen von dem in Trappes angewandten Muster, einen von Frau Prof. Vetter geschenkten amerikanischen Kinderdrachen nach Horsman's Patent und einige von den auf S. 46 erwähnten „diamond"-Drachen von Potter, die hier fabrikmässig hergestellt werden.

Der Drache aus Trappes, der am 13. November 1899 hier anlangte und neben dem Marvin-Drachen als gleichfalls bewährtes Modell sehr werthvoll für die Arbeiten der Seewarte war, hat folgende Dimensionen: Breite 130 cm, Länge der drei Zellen 47+45+53 = 145 cm, Tiefe 50 cm, Tragfläche 2.6 qm, Gewicht 1.9 kg oder 0.73 kg pro qm. Eine genauere eigene Kenntnissnahme der Eigenschaften dieses Drachens war leider nicht möglich, da er bei seinem zweiten Aufstieg durch Niederschiessen in allzustarkem Winde zertrümmert wurde und sein Zeug durch Firnissen so hart ist, dass eine Reparatur unmöglich erschien. Die Stabilität dieser Drachen lässt im übrigen, wie Herr Teisserenc de Bort versichert, nichts zu wünschen.

Mehrere Kastendrachen von 3 bis 4 qm Tragfläche, die im Sommer 1900 hier erbaut sind, haben theils als Hilfsdrachen neben dem Marvin, theils an Stelle desselben, wenn dieser gerade Havarie erlitten hatte, bei zahlreichen Aufstiegen gute Dienste gethan. Auch diese sind in der Weise hergestellt, dass zuerst die vier Querrahmen gebaut und dann die Längshölzer an denselben, und zwar wie beim Drachen aus Trappes im Innern der Rahmen, angebracht sind; als Längshölzer habe ich gekehlte Leisten angewandt, deren Form aus dem Querschnitt einer Rahmenecke (Fig. 40) bei l zu ersehen ist. Solche Leisten sind fertig zu haben, besitzen wegen ihrer Form grosse Bruchfestigkeit und lassen sich gut mit den Querleisten zusammen laschen. Es lassen sich indessen bei dieser Bauart keine so guten Plätze zur Anbringung der Drähte finden, wie beim Marvin-Drachen, und Reparaturen sind dadurch zeitraubender, als bei diesem.

c) ***Treppen-Drachen.*** Zieht man im Rahmen eines Hargrave-Drachens das Zeug, anstatt rings um die beiden äusseren Zellen, (1) diagonal und parallel in beiden, (2) vertikal über die ganzen Seitenflächen, so erhält man einen Treppen- oder Jalousie-Drachen. Stellt Fig. 41 einen solchen Rahmen in Seitenansicht dar, so sind beim Hargrave-Drachen ac, bd, eg und fh die Tragflächen, $abcd$ und $efgh$ die Steuerflächen; im Treppendrachen sind ad und eh, eventuell auch cf und noch zwischengeschobene Parallelsegel die Tragflächen und ist $adeh$ die Steuerfläche. Nehmen wir an, dass $ab = ac = ce = eg$ sei, und nennen wir die Breite des Drachens B, so ist die Tragfläche, wenn das Gestell als Hargrave-Drachen bezogen ist, $4 \times B \times (ac)$, und wenn es mit 2 Diagonalflächen bezogen ist $2 \times B \times (ad) = 2 \times 1.4 \times (ac) \times B = 2.8 \times B \times (ac)$, also beträchtlich weniger. Dennoch zeigte ein in dieser Weise am 9. Juni 1901 provisorisch, mittels Stecknadeln, mit nur 2 Trageflächen bezogener Hargrave-Rahmen offensichtlich bedeutend leichteres Steigen, als ein gewöhnlicher Hargrave, so dass am 14. Juni nachmittags, als im Anschluss an den internationalen Ballontag der Meteorograph nochmals emporgeschickt werden sollte und der Wind zu schwach war, um einen der Hargrave-Drachen zu heben, der Aufstieg nur durch Zuhülfenahme dieses provisorischen Drachens gelang. Die Ursache liegt offenbar darin, dass bei dieser Anordnung die Flächen einander wenig beeinflussen, während beim Hargrave-Drachen mindestens die obere Fläche der Hinterzelle und bei der steilen Anfangsstellung auch diejenige der Vorderzelle nur geringen Winddruck erhält.

Auf dieser Erfahrung fussend, habe ich zwei der für die Süd-Polar-Expedition bestimmten Gestelle von Hargrave-Drachen mittlerer Grösse zu Treppendrachen umbauen lassen. An dem Gerüst kamen dabei je zwei Querleisten und sechs Streben, sowie Theile der Längsleisten in Wegfall; an ihre Stelle traten sechs schräge Leisten, die die Ränder der Segel einfassen, und zwei Querleisten für die Zwischensegel, die aber nur mit Schleifen an ihren Ort gebunden sind und sich leicht entfernen lassen, wenn die grössere Windstärke dies wünschenswerth erscheinen lässt.

Von diesen beiden Drachen ist No. 1 auf Fig. VI (Tafel 2) in derjenigen Form, mit 3 grossen und 2 halben Segeln, dargestellt, in welcher er am 25. Juni 1901 bei mässigem Winde gut geflogen ist, am folgenden Tage aber bei starkem, böigem Winde unruhig flog und schliesslich den 0.7 mm-Draht zerriss; wieder eingebracht, und ohne die beiden Zwischensegel aufgelassen, flog er weit ruhiger.

Die Elemente dieses Treppendrachens No. 1 waren:

Breite 170 cm, Längsstöcke 132 cm, Tiefe 66 cm, Volum 1.40 cbm, Steuerfläche 1.82 qm.

	Tragfläche	Gewicht	Gewicht pro qm
ohne Zwischensegel	$3 \times 1.70 \times 0.88 = 4.5$ qm	3.0 kg	0.666 kg
mit den Zwischensegeln . . .	$4.5 + 2 \times 1.68 \times 0.30 = 5.5$ qm	3.3 kg	0.600 kg

Digitized by Google

Winkel:		am 25. Juni bei 8 m p. Sek., mit den Zwischensegeln		am 26. Juni bei > 9 m p. S. (Böen) ohne Zwischensegel mit Meteorograph im Drachen	
	φ	55°	nach 16 korresp. Messungen	54°	nach 4 korresp. Messungen
	θ'	51°		51°	
berechnet	θ	59°		57°	
Zug pro 1 qm:		3.6 kg		6.3 kg	

Bei dem schwachen Winde, der vom 15. bis 24. Juni herrschte, hatte der Drache nur auf seine untere Steiggrenze probirt werden können; bei 4 m pro Sek. auf dem Thurme der Seewarte steigt er auf, sinkt aber immer wieder herab; bei 4.3 m pro Sek. kommt er zum „Stehen." Der stets zur Kontrole gleichzeitig aufgelassene Malay-Drache zeigt ganz dieselben Schwellenwerthe, nur hat er viel mehr Neigung, zu „schwimmen", zu taumeln und zu „tauchen", während der Treppendrache viel ruhigere senkrechte Bewegungen ausführt. Aber der Winkel φ betrug unter diesen Verhältnissen beim Treppendrachen nur 30° — 40°, beim Malay-Drachen immerhin 5 — 10° mehr.

Treppendrache No. 2 unterschied sich vom obigen, bei gleicher Breite und Tiefe, nur dadurch, dass die Strecke *bd* resp. *fh* (Fig. 41) um 6 cm kürzer, die Tragflächen *ad* und *eh* entsprechend unter etwas grösserem Winkel zu den Längsstöcken *ae* bezw. *dh* gestellt und die Tragfläche um 12% kleiner war. Dieser Drache flog merkwürdiger Weise nur ruhig, wenn die Mittelfläche (*cf*) entfernt wurde; selbst dann aber, mit nur den zwei Flächen *ad* und *eh* als Segeln, stieg er merklich leichter, als ein Hargrave, trotzdem er nur 70% der Tragfläche besass, den ein Hargrave-Drache von entsprechender Gestellgrösse gehabt hätte. Dieses leichte Steigen ist um so bemerkenswerther, als dieser Drache nach den bisherigen Begriffen als sehr schwer für seine Tragfläche bezeichnet werden musste, da er 0.9 kg pro Quadratmeter wog. Man sieht daraus, dass diese Stellung der Flächen eine besonders günstige sein muss.

Die Kürze dieser Drachen, in der Richtung des Windes verstanden, giebt Anlass, seine Stabilität durch ein Steuer von grösserem Drehmoment zu erhöhen. Ich habe deshalb, auf günstigen Erfahrungen von Hargrave fussend, einen Ring von 30 cm Durchmesser und 10 cm Breite aus leichtem Magnaliumblech anfertigen lassen, den ich an einem fast 2 m langen Bambusstock, wie in der Fig. 42 bei *r* gezeigt, hinter dem Drachen befestigte. Alles, was ich sagen kann, ist, dass das Steuer den Drachen im Fluge nicht gestört hat; die Versuche reichen nicht aus, um zu beweisen, dass dasselbe von Nutzen gewesen sei, da die Umstände nicht so waren, dass man mit Bestimmtheit hätte sagen können, der Drache wäre ohne das Steuer schlechter geflogen.

Im August d. J. habe ich, nach Ablieferung dieser Drachen, drei weitere Drachen dieser Form bauen lassen. Am besten hat sich von diesen einer bewährt, dessen Grössenverhältnisse im Profil in Fig. 43 dargestellt sind; die Zahlen sind Meter; die dicken Striche geben die Tragflächen oder Segel an, die dünnen die Stöcke des Gerüstes. Das grosse Mittelsegel musste ich, weil es den Drachen labil machte, herausnehmen, die beiden kleinen Zwischensegel haben sich als nicht störend erwiesen. Die Breite des Drachens ist 1 m, seine Tragfläche $1.4 + 0.6 = 2.0$ qm. In dieser Gestalt ist der Drache z. B. beim internationalen Septembertermin am 4., 5. und 6. September in fünf Aufstiegen als Führer oberhalb des, das Instrument enthaltenden 4 qm-Hargrave zur Verwendung gekommen und hat sich dabei vollkommen befriedigend benommen. Von den beiden andern zeigte der eine (1.7 kg schwer bei 1.4 qm Tragfläche, macht 1.2 kg pro qm) so starke Neigung zum Pendeln, dass er unbrauchbar war; er stieg zwar regelrecht auf, machte aber dann mit seinem Hinterende Ausschläge, die rasch grösser wurden bis er umschlug und herabschoss; den Grund dieses sonderbaren Verhaltens zu finden ist mir leider nicht gelungen, eine sehr eingehende Untersuchung hätte auch wohl zu viel Zeit gekostet. Der dritte ist als Versuchsdrache so gebaut, dass seine beiden Tragflächen sich (durch Aufwickeln auf eine dünne verschiebbare Randleiste, die an den Längsstöcken in verschiedener Höhe festgebunden werden kann) flacher stellen lassen. Dieser Drache hat genügende Stabilität, ist aber wegen dieses Mechanismus besonders schwer (2.0 kg bei 1.4 qm, macht 1.4 kg pro qm). Aus Zeitmangel habe ich nur wenige Versuche mit ihm machen können, die nur so viel gezeigt haben, dass er, wenn man die Tragflächen ganz flach stellt, so dass sein Längsschnitt aus einem schrägen Parallelogramm zu einem Rechteck wird, viel schlechter fliegt. Seine Form hat dann viel Aehnlichkeit mit einer, die, nach gefälliger Mittheilung des Washingtoner Weather-Bureau's, Herr Marvin vor Jahren versucht hat, und die

Digitized by Google

eine einzige vierflächige Hargrave-Zelle und dahinter ein Steuer *s* hatte (vergl. Fig. 44). Diese Form hatte ungenügende „rotational stability" gezeigt.

Die guten Eigenschaften, die die neuen Treppendrachen im allgemeinen zeigten, haben mich veranlasst, nach einem geeigneteren Gerüst für dieselben zu suchen, als das vom Hargrave-Drachen herübergenommene ist. Nach einigen Versuchen, die nicht zum gewünschten Resultat führten, blieb ich auf einem Modell stehen, dass in sehr vortheilhafter Weise Biegsamkeit der äusseren Theile und infolge dessen geringe Zerbrechlichkeit mit derjenigen Steifigkeit und Unveränderlichkeit in den Rahmen der Tragflächen verbindet, die eine Vorbedingung für die Erhaltung der Stabilität auch in starkem Winde sind. Diese Form des Treppendrachens, die ich offiziell als

„Modell der Seewarte 1901,"

im gewöhnlichen Gebrauch aber, wegen ihrer gedrungenen Form, ihres zähen Lebens und ihrer elastischen Hinterbeine kurz als den „Frosch" bezeichne, ist in dem Lichtdruckbild Fig. VII in zwei Exemplaren dargestellt, das kleinere im flugfertigen, das grössere im zusammengelegten Zustande. Das Profil dieser Drachenform wird durch drei Rahmen gebildet, deren Bau genauer aus Fig. 45, Tafel 3, zu erkennen ist. Zwei Stäbe Rotang (sog. spanisches Rohr) *aa'a"* und *bb'* werden an den Stellen *x y*, wo sie annähernd senkrecht aufeinander treffen, mittels der oben S. 51 beschriebenen und in Fig. 37—39 dargestellten Bleche verbunden, die zugleich die Platten abgeben, an die im weiteren die Querleisten anzuschrauben sind. Ebenso geschieht es mit der Strebe *h*. Weitere Festigkeit erhält der Rahmen durch die Drähte oder gepechten Bindfäden *d*, *d'* und *d"* und durch die Leisten *f* und *g*, an welche die Ränder der beiden Tragflächen angenäht werden. So die zwei Seitenrahmen; an dem Mittelrahmen fehlen bei kleinen Exemplaren die Leisten *f* und *g*, bei grossen ist *g* vorhanden als „Instrumentenstock", an den der Meteorograph angebunden wird; es fehlt hier auch der hintere Rotangstab *bb'*, dagegen ist *aa'*, der bei den Seitenrahmen in die Füsse *a"* endet, bei dem Mittelrahmen viel länger und bildet hier den erst in *z* endenden Bogen *c*, der, mit Zeug überspannt, ein Steuer abgiebt. Die richtige Stellung dieses Steuers wird gesichert durch Stützschnüre nach den Seitenrahmen; zwar ist, da in den Seitenrahmen der ganze Raum zwischen den Rotangstäben *a* und *b* von Zeug überspannt ist, auch ohnedies für eine beträchtliche Steuer- bezw. Stabilitätsfläche gesorgt, bei der gedrungenen Statur des Drachens erscheint es aber wichtig, eine solche von grösserem Drehmoment zu bekommen, und dazu dürfte das rückwärts hervortretende Steuer *c* gut sein, das den Steuern an Lilienthal's Flugapparat, an Nikel's Drachen u. s. w. ähnlich ist.

Der Bogen *c* giebt auch Gelegenheit, in bequemer Weise und fast ohne Gewichtszuwachs mit dem vertikalen Steuer auch ein kleines horizontales zu verbinden, das zugleich als Zuwachs zur Tragfläche dient. Die Linie *uv* stellt den Medianschnitt eines solchen dreieckigen Horizontalsteuers vor, wie ich es bei zwei Drachen dieser Art angebracht habe. Sein Vorderrand ist bei *v* durch ein dünnes Stäbchen, seine Hinterränder sind durch Schnüre gebildet, die vom Punkte *u* nach den Seitenrahmen gezogen sind. Da ich aber nicht feststellen konnte, ob diese dreieckige Flosse nützlich oder schädlich sei, habe ich sie bei den zwei letztgebauten Drachen dieser Art fortgelassen.

Die elastischen Beinchen *a"* an den Seitenrahmen dienen dazu, den Stoss beim Landen des Drachens aufzunehmen. Fällt der Drache nicht auf sie, so fällt er auf einen Punkt vor *y*, und auch hier nehmen die äusserst elastischen Rotangstäbe *aa'* und *bb'* den Stoss ohne Schaden auf. Das Eindrücken der Ecken durch Bruch der Leisten, das so oft beim Hargrave-Drachen vorkommt, geschieht beim Frosch-Drachen höchstens an den leicht zu ersetzenden angeschraubten vier Querleisten, nie am Rotang. Wohl aber werden bei immer wiederkehrenden Stössen — ich habe den Frosch No. 1 Versuchs halber Dutzende von Malen nach einander ohne Auffangen landen lassen — allmählich die Verbindungen gelockert.

Die Diagonaldrähte, die dem Drachen die erforderliche Steifigkeit geben, sind auch bei diesen Drachen 0.7 mm Stahldraht, der genau wie beim Marvin-Drachen, mit Augen an den Enden auf Stifte gesetzt ist, die in den Verbindungsblechen passenden Halt auf verschiedene Weise, je nach der Richtung ihres Zuges, erhalten. Dadurch sind alle Reparaturen sehr erleichtert.

Eine Mittheilung des Herrn Teisserenc de Bort, wonach auf seinem Observatorium sich Hargrave-Drachen mit schräge gestellten Flügeln ausserhalb des Kastens gut bewähren, namentlich sehr stabil sind, hat mich dazu angeregt, die schon bei den ersten Treppendrachen von mir angewandten nach Belieben entfernbaren Zwischenflächen bei diesen neuen Drachen mit Flügeln nach Art eines Malay-Drachens zu verbinden. Denn von dem letzteren Drachen her wissen wir es, dass solche Flügel bei schwachen Winden sehr

Digitized by Google

vortheilhaft, bei starken aber ungünstig sind, und man bei starken dieses Zusatzes auch nicht bedarf, so empfiehlt sich ihre Verwendung am ehesten in demjenigen Theile, der dem Drachen nur bei schwächeren Winden beigegeben wird. Natürlich muss auch dieser Theil so gehalten sein, dass eine Schädigung des Drachens durch ihn im Falle eines unerwarteten Auffrischens des Windes nur sehr geringe Wahrscheinlichkeit habe. Der ganze Leesegel-Apparat des Drachens besteht (Fig. 46) aus einer langen Leiste *aa*, auf der die Bendsel *bbb* festgelascht sind, mittels deren sie an den vorderen Rotangstäben in der Mitte zwischen den zwei Hauptsegeln befestigt wird. An dieser Leiste hängen die zwei Flügel *ff* und die zwei schmalen Zwischensegel *ss*; erstere werden mit Haken an Oesen gehakt, die auf den Stäben *a*, *h* und *b* der Seitenrahmen, Fig. 45, sitzen; letztere werden mit den Bendseln *rrr* an die Querstreben (*h*, Fig. 45) der drei Rahmen festgemacht.

Es sind 4 Drachen dieses Modells gebaut worden, von denen auf Figur VII (Tafel 2) No. 1 im aufgeschlagenen, No. 4 im zusammengelegten Zustande dargestellt sind. Ihre Dimensionen sind wie folgt:

	No. 1 und 3		No. 2		No. 4	
	ohne Leesegeln	mit Leesegeln	ohne Zwischensegel*)	mit Zwischensegel*)	ohne Leesegeln	mit Leesegeln
Breite	0.90 m	1.80 m	1.96 m	1.96 m	1.50 m	2.50 m
Länge der Hauptsegel	0.64 »	—	0.82 »	—	0.82 »	—
Tragfläche	1.12 qm	1.53 qm	3.4 qm	4.0 qm	2.5 qm	3.1 qm
Gewicht (mit Bucht)	1.04 kg	1.39 kg	3.10 kg	3.36 kg	2.26 kg	2.7 kg
Gewicht pro Quadratmeter	0.93 »	0.90 »	0.91 »	0.84 »	0.904 kg	0.87 kg

*) No. 2 hat nur die Flächen *ss*, keine Flügel.

Die Erfahrungen waren am günstigsten mit dem ältesten dieser Drachen, No. 1. Kurz nach seiner Herstellung ist er am 7. und 8. Oktober 1901 in heftigen Regen- und Graupelböen anhaltend stabil geblieben, ausser als er einmal durch Nachgeben des nur provisorisch durch Leim und Stecknadeln am Gestell befestigten Zeuges, und ein zweites Mal durch Knickung einer Leiste im Winde dauernde Deformation erfuhr und zur Reparatur herabgeholt werden musste. Aber auch in diesen Fällen schoss er nicht etwa herab, sondern wich er nur anhaltend nach einer Seite ab. Der Zug des Drachens hatte 5—12 kg betragen (ohne elastische Bucht).

Dagegen zeigten No. 2 und 3 die Neigung, ohne erkennbaren Grund zeitweise sich auf die Seite zu legen und alsdann weit aus der Windrichtung heraus zu fliegen, allerdings in stabiler Weise, aber doch in kurzen Fristen, bald nach rechts, bald nach links. No. 4 zeigte eine auch bei No. 2 in einem Falle hervorgetretene Neigung zu „tauchen", d. h. sich vorn über zu neigen und mit loser Schnur abwärts auf den Boden zu gleiten. Dieser Neigung kann durch Anhängen eines Schwanzes oder Anspannen eines höheren Drachens an den Rücken von diesem abgeholfen werden, aber es ist natürlich höchst unerfreulich, dass ihr Grund vorläufig nicht angegeben werden und sie daher nicht an ihrem Ursprung ausgemerzt werden kann. Der Schluss der Versuche für dieses Jahr hat eine weitere Verfolgung dieser Aufgabe fürs erste verhindert.

Sehr interessant aber ist das Verhalten einer Verbindung von zwei solchen Froschdrachen zu einer einzigen langen Treppe, das noch zum Schluss durch einige Versuche festgestellt werden konnte. Verbindet man in der auf Fig. 47 angegebenen Weise die zwei gleichen Drachen No. 1 und 3, was in sehr einfacher Weise durch Anbinden je einer langen kräftigen Leiste zu beiden Seiten der Drachen geschehen kann, so erhält man ein Gebilde, das sich durch ausserordentlich ruhige langsame Bewegungen auszeichnet. Einen so stabilen Flug in nächster Nähe vom Erdboden habe ich in der That selbst bei Hargrave-Drachen nicht gesehen, wenn sie nicht durch einen an ihren Rücken gespannten Drachen getragen wurden, was hier nicht der Fall war. Dieser „Doppelfrosch" oder ein ähnlicher Drache wird voraussichtlich für die Zwecke der Photographie aus der Höhe sehr geeignet sein. Zur Verwendung für meteorologische Aufstiege müsste er bessere Steigwinkel zeigen, als bei den 2—3 bis jetzt angestellten Versuchen der Fall war, da dieser kaum 40° erreichte, trotz frischen Windes. Wahrscheinlich lag dieses an der übergrossen Schwere dieses Doppeldrachens, die durch die Hinzufügung der beiden Längsstöcke zu der ohnedies kräftigen Konstruktion der beiden Drachen entstand; vielleicht auch an der Bucht, die bei einem neuen Drachen nicht immer leicht zu treffen ist, da man den Angriffspunkt und die Richtung der Resultirenden des Winddrucks nicht genau kennt.

Immerhin ist am 28. Oktober d. J. von $2^h\,20^m$ bis $3^h\,50^m$ p. m ein kleiner Aufstieg durchgeführt worden, in welchem als oberer Drache der eben besprochene „Doppelfrosch" und zwar mit den 4 Flügeln, gedient

Digitized by Google

hat, dessen Hanfleine an den Rücken des 4 qm-Hargrave-Drachens gebunden war, in dem der Meteorograph sich befand. Der letztere Drache war am Draht. Mit 240 m Draht stand das Gespann auf $\varphi = 41°$ bei $\theta' = 39°$ und Zug 18 kg; mit 1200 m Draht auf $\varphi = 34°$ bei $\theta' = 26°$ und Zug 27 bis 35 kg; Flug sehr stabil.

In dieser Verbindung zu zweien entspricht der neue Drache sehr nahe dem auf S. 47 beschriebenen Nikel-Drachen, nur mit dem Unterschied, dass die jalousieartige Anordnung der Flächen, die nach den Photographien beim letzteren sich durch den Druck des Windes einstellt, bei meinem Drachen absichtlich und unveränderlich vorhanden ist, überhaupt der Drache in Bezug auf die Lage der Flächen zu einander und zur Längsachse möglichst steif gebaut ist; sowie ferner, dass er sich in wenigen Minuten in zwei handliche Drachen zerlegen lässt, die keinen grossen Aufbewahrungsraum brauchen, und zum Transport noch weiter zusammenlegen lässt.

Rechnet man von vornherein auf diese Verbindung von zwei Drachen, oder überhaupt auf die Verwendung von mehr als zwei Hauptsegeln, so kann man den Drachen leichter bauen. Denn wenn man doch Längsstöcke anwendet, so ist es unnöthig, das Rotang-Gerüst so vollständig zu machen. Einen Versuch in dieser Richtung stellt Fig. 48 dar.

Der treppenförmige, vertikale Rahmen *abcdef* (Fig. 48, Profil) erhält Festigkeit durch den Längsstock *af*, der auch in *hgi* mit seinen Theilen durch Laschungen verbunden ist, und durch die Drähte *ace* und *bdf*. Für die unterste Stufe erhält er fernere elastische Versteifung und Schutz gegen Zerknickung beim Berühren des Bodens durch einen gebogenen Rotangstab *gef*, der bei den beiden Seitenrahmen in das Beinchen *fk* endigt, bei dem mittleren aber sich im Bogen nach *d* fortsetzt und den Rahmen für das Steuer *flde* abgiebt. Die beiden Rahmen sind, ebenso wie bei allen meinen Treppendrachen, im Raume *abef* von Zeug bezogen gedacht. Die grosse Stabilität des „Doppelfrosches“ lässt erwarten, dass auch bei diesem dreiflächigen Drachen die angegebenen Vertikalflächen völlig zur Erhaltung der Stabilität ausreichen werden. An den Punkten *abcdef* des Rahmens sitzen 6 Querleisten, zwischen denen die drei Tragflächen gespannt sind. Dem mittleren Rahmen fehlt ein Theil der Stöcke, je nach Grösse und Stärke des übrigen Gestells und nach der Anbringung des Instruments. Die Verbindungen im Gestell sind, der bequemen Reparaturen wegen, grösstentheils mit Hülfe der Marvin'schen Bleche, Fig. 37—39, vorgesehen. Das Dreieck *ame* ist die wahrscheinlich zweckmässigste Bucht für diesen Drachen.

Als passende Dimensionen für einen ziemlich grossen Drachen dieser Art, der einen Meteorograph emportragen soll, kann man etwa angeben: $ab = 0.8$ m, $ae = 2$ m, Breite 2 m, Tragfläche 5 qm, mit Leesegeln 6 qm. Dadurch, dass die Streben *bc* und *de* rechtwinklig zu den Tragflächen und an deren Rändern angebracht sind, sind die Tragflächen weiter hintereinander gerückt, als beim Froschdrachen. Ein nach diesem Plane gebauter Drache hat sich indessen in frischem Winde nicht stabil erwiesen, indem er seitwärts und abwärts gedrückt wurde. Es wird mein Bestreben sein, auf Grund der in diesem Winter vorgenommenen Versuche über die Druckvertheilung auf schrägen Flächen, die im Anhang 2 dargestellt sind, den Weg zu suchen, auf dem der Treppendrache die geeignetste Form und unter Erhaltung seiner guten Eigenschaften die möglichste Stabilität bekommt.

---

5. Abschnitt.

Materialien für den Drachenbau.

Das Gestell. Für das Gestell oder Gerüst des Drachens verwendet man Holz, Bambus oder Metallrohre. Das Material muss für ein gegebenes Gewicht die grösste mögliche Bruchfestigkeit haben. Nun sind Bestimmungen über Bruchfestigkeit (auch Biegungs- oder relative Festigkeit genannt) überhaupt nur wenig vorhanden, und die veröffentlichten Zahlen beziehen sich alle auf die Einheit des Querschnitts, nicht auf diejenige des Gewichts. Es ist daher am Platz, hier einige dieser, für den Bau von Drachen und Flugmaschinen maassgebenden Zahlen so gut, als das vorliegende Material es gestattet, abzuleiten. Die Eigenschaften der Hölzer schwanken je nach ihrem Feuchtigkeitsgehalt u. s. w.; für Hölzer im gewöhnlichen Gebrauchs-Zustande und quer zur geraden Faser beansprucht, dürften die folgenden ungefähren Mittelwerthe aus den vorhandenen Angaben gültig sein.

Digitized by Google

		Fichte	Esche	Eiche	Eisen und Stahl
Bruchfestigkeit pro 1 qmm, kg		5	8	7	23 bis 80
Spezifisches Gewicht		0.5	0.7	1.0	7.8
Dimensionen eines quadrat. Stabes, der mit einem Eichenstabe von 1×1 mm Querschnitt und gleicher Länge dasselbe Gewicht hat	Querschnitt qmm	2.0	1.4	1.0	0.128
	Breite und Höhe, mm	1.4	1.18	1.0	0.36
Bruchfestigkeit dieses Stabes	relativ zu einem Stabe von 1 qmm Querschnitt desselben Materials	2.8	1.65	1.0	0.046
	absolut in kg	14	13	7	1.1 bis 3.7

Die Grössenfolge der Zahlen ist in der letzten Reihe theilweise die entgegengesetzte, wie in der ersten, weil (1) die spezifischen Gewichte schneller wachsen, als die Festigkeiten pro qmm, und (2) weil die Festigkeit bei geometrisch ähnlicher Form des Querschnitts schneller zunimmt, als der Querschnitt, da sie der Breite und dem Quadrate der Höhe proportional ist. Aus dem letzteren Grunde müsste von zwei gleich schweren Stäben quadratischen Querschnitts, deren einer a-mal dichter und zugleich ebensovielmal pro qmm bruchfester ist, als der andere, doch der minder dichte, wegen seines grösseren Durchmessers in der Richtung der wirkenden Kraft, $\sqrt{a}$-mal grössere Tragfähigkeit besitzen.

Aehnlich, und z. Th. noch ungünstiger für die harten Hölzer und Metalle, steht es um die Formänderung der Drachen durch Biegung. Die Erfahrung hat gezeigt, dass möglichste Unveränderlichkeit der Form eine sehr wichtige Bedingung für die Stabilität der Drachen ist; hauptsächlich wohl deshalb, weil die Durchbiegung sehr selten rechts und links ganz gleichmässig erfolgt, und sie daher gewöhnlich zu einer Störung der Symmetrie des Drachens führt.

Die Wahl des passendsten Holzes ist ziemlich schwierig, weil die Bezeichnungen der Holzarten bei den Tischlern und Holzfabriken schwankend und unbestimmt sind, Bestimmungen über Bruchfestigkeit nur in geringer Zahl vorhanden sind, und nicht nur die Art, sondern der Standort und das Alter des Baumes, und der Stammtheil, dem das Holz entnommen ist, von Einfluss sind. Es ist nach Thunlichkeit astloses, harzfreies, helles Splintholz auszuwählen, dessen Spaltbarkeit dem Sägeschnitt parallel läuft; der Verlauf der Jahresringe ist hierfür nicht durchaus entscheidend, da das Holz manchmal schräg zu diesen spaltet.

In den Vereinigten Staaten ist „spruce wood", d. h. Fichtenholz als das beste befunden worden. Ob die amerikanische „spruce" von der europäischen Fichte sich im Holze erheblich unterscheidet, weiss ich nicht. Leider herrscht in den deutschen Bezeichnungen der Nadelhölzer eine grosse Verwirrung, obwohl auch im Holze die kurznadelige Fichte oder Rothtanne *) (Picea vulgaris Lk = Pinus Abies L) von der langnadeligen Kiefer oder Föhre (Pinus sylvestris L) wesentlich verschieden ist.

Auf dem Berliner Aeronautischen Observatorium wird „amerikanisches Pappelholz", das nach Deutschland zur Möbel-Fabrikation eingeführt wird, für den Drachenbau allen andern Hölzern vorgezogen. Wenn ich nicht irre, sind es diese selben und ähnliche Hölzer, die in Hamburg unter den Namen „white wood" und „Satinholz" käuflich sind. Sie werden besonders wegen ihrer guten Beizbarkeit geschätzt. Versuche und Wägungen haben mir ergeben, dass diese Hölzer zwar um 12 bis 15% leichter sind, als schwedisches Fichtenholz, aber auch mindestens in demselben Verhältniss biegsamer und zerbrechlicher. Die Versuche habe ich in der Weise angestellt, dass ich zwei etwa $^1/_2$ m lange Stäbe an beiden Enden zusammenband, deren Mitten auseinander zog und die Durchbiegung, sowie nachher den Bruch aufzeichnete. Zunächst hatten beide Stäbe möglichst genau gleiche Dimensionen; dabei zeigte sich immer das schwedische Holz als das starrere und festere. Nun wurde dieses soweit dünner gemacht — unter Beibehaltung der Form — dass beide Stöcke gleiches Gewicht zeigten. Die Bruchfestigkeit war nun ziemlich gleich, aber die Durchbiegung beim Pappelholze entschieden grösser.

Ich habe daher im weiteren, der Einfachheit wegen, stets schwedisches Fichtenholz verwendet, und zwar von einer hiesigen Kehlleisten-Fabrik, die dasselbe in grössten Quantitäten verarbeitet. Das Holz konnte in Leisten von dem gewünschten Querschnitt und $3^1/_2$ bis $4^1/_2$ m Länge bezogen werden. Durch das Entgegenkommen der Leiter der Fabrik erhielt ich, mit wenigen Ausnahmen, stets weisses, weiches, geradfaseriges Holz. Die rothen, kienigen Stellen sind zwar härter, aber viel schwerer und weniger

*) Die „Tanne" der deutschen Forstleute, auch Weisstanne oder Edeltanne genannt, ist Pinus Picea L. = Abies pectinata De C.

Digitized by Google

geeignet. Das vorhergehende Trocknen ist sehr wichtig für diese Hölzer, weil wasserhaltiges Holz viel schwerer und dabei weniger bruchfest ist. Durch Lackiren kann sodann das Holz gegen nachträgliche Wasser-Aufnahme geschützt werden. Das von mir verwendete Holz ist auf der Kehlleisten-Fabrik bei ca. 60° C gedörrt, freilich in so grossen Massen, dass wohl nicht alle Theile diese Temperatur angenommen haben.

Will man ohne Vorbereitung Hölzer haben, die direkt oder nach entsprechender Bearbeitung mit Hobel etc. für Drachenbau geeignet sind, so kann man Rouleaux-Leisten nehmen, die in jedem Hausstandsgeschäft in verschiedenen Stärken vorräthig oder doch schnell zu beschaffen sind. Auch diese stammen, so viel mir bekannt, in Hamburg von schwedischem Fichtenholz. Man kann ohne Schwierigkeit geeignete, astfreie leichte und geradfaserige Stücke auswählen.

Die Biegung und der darauf folgende Bruch sind zusammengesetzte Erscheinungen; denn auf der konkaven Seite des Stabes findet Zusammendrückung, auf der konvexen aber Zug resp. Zerreissung statt. Dazwischen liegt ein neutrales Band, das weder gereckt noch verkürzt wird. Die Form des Querschnitts ist daher von grossem Einfluss auf die Biegungsfestigkeit; letztere ist um so grösser, je grösser der mittlere Abstand der Massentheilchen des Stabes vom neutralen Bande, oder sein sog. Trägheits-Querschnitt ist. Hohle Balken tragen deshalb viel mehr, als solide von gleichem Gewicht. Eben so viel, wie der hohle Balken *a*, Fig. 49, trägt die Doppel-T-Form *b* derselben Figur, falls der Druck immer nur in der Richtung des Pfeils erfolgt. Da aber bei vielen Materialien der Widerstand gegen Zerreissen ein anderer ist, als gegen Zerdrücken, so ist es häufig nicht zweckmässig, die konvex und die konkav werdende Seite gleich zu gestalten. Bei Holz ist der erstere Widerstand etwa doppelt so gross, als der letztere, und ist es daher zweckmässig, die beim Druck konkav werdende Seite breiter zu nehmen, etwa die T-Form *c* zu wählen: bei Gusseisen ist es umgekehrt und muss die konvexe Seite breiter genommen, resp. das T umgekehrt werden. Hat der Stab Drucke aus verschiedenen Richtungen auszuhalten, wie z. B. die Stäbe eines Drachens bei gelegentlichem Aufstossen auf dem Boden, dann geben hohle Formen die günstigsten Bedingungen; auch gegen Torsion bieten diese den grössten Widerstand. Bambus hat wegen seiner Leichtigkeit und Festigkeit grosse Verwendung beim Bau von Drachen und Flugmaschinen gefunden. Bestimmungen über seine Bruchfestigkeit und sein spezifisches Gewicht habe ich leider nirgends finden können; Versuche darüber können natürlich wegen der unregelmässigen Gestalt dieser Röhren keine ganz exakten Ergebnisse liefern, wären aber doch praktisch recht werthvoll. Am zweckmässigsten wären dieselben, statt auf den Querschnitt, auf das Gewicht der betr. Stäbe zu beziehen. In der Verwendbarkeit steht der Bambus durch seine fast unabänderlich gegebene Form, seine äussere Glätte, seine Knoten und seine konische Gestalt für viele Zwecke hinter dem Holz weit zurück. Feste Verbindungen lassen sich an Bambus viel schwieriger herstellen, und bei seiner Verwendung zu Querstöcken ist eine unveränderliche Symmetrie zwischen der rechten und linken Seite des Drachens kaum zu erreichen. Von den verschiedenen Bambus-Sorten ist der sog. Tonking-Bambus wegen seiner fast zylindrischen Form, seiner langen Internodien und auch wohl seiner grösseren Bruchfestigkeit dem gewöhnlichen vorzuziehen und für Längsstöcke, wo auch seine grössere Biegsamkeit nicht so schädlich ist, wie bei Querstöcken, manchmal dem Holze vorzuziehen. Insbesondere verträgt er unsanfte Berührungen mit dem Erdboden viel besser, als dieses.

Biegsamkeit ist, wie gesagt, keine erwünschte Eigenschaft für das Material der Drachengestelle, die vielmehr ihre Form auch unter starkem Winddruck möglichst unverändert behalten müssen, um stabil zu bleiben. Elastische Deformationen, die ja fast nie rechts und links ganz gleich sein werden, sind sogar das unerwünschteste, weil sie beim Fortfall des Drucks wieder verschwinden und man dann vergebens nach der Ursache des schlechten Fliegens sucht, der man abhelfen könnte.

Neben Bruchfestigkeit und Steifigkeit ist für das Gestell sein Verhältniss zum Luft-Widerstand das wichtigste. Für diejenigen Stücke, die nicht selbst Theile der tragenden Fläche bilden, ist thunlichste Verringerung des Luft-Widerstandes wünschenswerth. Zu diesem Behufe ist ihr Querschnitt linsen- oder schiff- bezw. fischförmig zu machen; auf dem Blue Hill verwendet man, einer Empfehlung von Chanute*) folgend. Stöcke von ei- oder fischförmigem Querschnitt, bei denen die grösste Dicke $^1/_3$ von der einen, $^2/_3$ von der anderen Kante absteht.

Fig. 50 zeigt bei *a* diese Form. Der Querschnitt *b* wird — ausschliesslich seiner Festigkeit im Verhältniss zum Gewicht wegen — von Herrn Teisserenc de Bort bei seinen Hargrave-Drachen für einen Theil der

*) Vergl. dazu Chanute's Aufsatz in den „Illustr. Aeronaut. Mittheilungen", April 1899, S. 43.

Digitized by Google

Stöcke benutzt; für die Längsstöcke wendet er den rechteckigen Querschnitt *c* an, der auch bei den früheren Drachen vom Blue Hill, meistens in Dimensionen von etwa 2 cm Höhe und 1 cm Breite, benutzt wurde. Bei den jetzigen Drachen des Washingtoner Weather-Bureaus haben die Längs- und Querstöcke den Querschnitt *d* — 16 mm zu 7 mm, mit abgerundeten Kanten, ausgenommen die beiden zentralen Längsstöcke, die 15×13, und die inneren Verstrebungen, die 9×7 mm (Schnitt *e*) messen. — Für den Längsstock unserer Malay-Drachen hat sich die Kombination *f* gut bewährt; ein Bambusstock, dessen dickeres Ende das Kopfende des Drachens bildet, und davor gelascht ein Fichtenstab, an dem das Zeug des Drachens mit kleinen Nägeln befestigt ist, um eine Verschiebung desselben zwischen rechts und links zu verhüten. Von diesen Längsstöcken ist, trotz fortwährender Benutzung, noch keiner gebrochen. Die Querhölzer dieser Drachen, die rechteckigen Querschnitt haben, brechen zuweilen bei einem unglücklichen Fall, lassen sich aber in wenigen Minuten durch Reservehölzer ersetzen.

Um einen Anhalt zu geben über die beim Bau von Hargrave-Drachen zu wählenden Holzstärken, mögen hier die Querschnittsummen der Gerüststöcke von einigen bewährten Modellen Platz finden. Diese Summen können sich in verschiedener Weise auf eine grössere oder geringere Anzahl von Leisten vertheilen, und müssen sich natürlich mit der Grösse der Tragflächen ändern. Wir rechnen sie daher auf 1 qm Fläche um.

		Marvin, 6.35 qm	Blue Hill*)	Trappes, 2.6 qm
Summe der...	Längshölzer..	4×110+2×190 = 820 qmm	380 qmm	4×144 = 576 qmm
	Querhölzer...	8×105+4× 50 = 1040 „	600 „	8× 65 = 520 „
Summe pro qm Tragfläche	Längshölzer..	129 qmm	207 „	222 qmm
	Querhölzer...	164 „	311 „	200 „

Bei den von mir erbauten Hargrave-Drachen haben sich diese Summen um 130 bis 220 qmm pro Quadratmeter Tragfläche gehalten. Bei den Treppendrachen können sie grösser sein, weil man bei diesen nicht so ängstlich auf die Verringerung des Gewichts bedacht zu sein braucht; denn sie steigen auch bei ziemlich robuster Bauart leicht.

Grosse Aufmerksamkeit verlangt die Art, wie die Stöcke des Gestells mit einander verbunden werden. Für Malay-Drachen hat sich die oben, Seite 48, beschriebene Befestigung durchaus bewährt; mit einem dreieckigen Brett sind mittels eines besonders geformten Bleches einerseits der Längsstock fest, andererseits zwei Seitenstöcke durch blosses Einschieben verbunden. Letztere werden in ihren Muffen durch das auf ihre freien Enden geknüpfte Zeug festgehalten. Für die Hargrave-Drachen wurden auf dem Blue Hill anfangs ebenfalls Blechstücke verwendet, die mit Schrauben oder Nägeln an die Stöcke festgemacht wurden. Im Blue Hill Bulletin No. 3, 1899, wird diesen Verbindungen vorgeworfen, dass sie schwer, unzuverlässig und gross gewesen seien. Gegenwärtig werden die Stöcke zuerst genau aneinander gepasst (Fig. 51 zeigt zwei Stöcke von der Seite, den dritten im Querschnitt), dann geleimt und mit Flachsfäden fest aneinander gelascht. Auch Herr Hargrave erklärt von seinem Drachenmodell von 1897 (Aeronaut. Journal, Vol. I, p. 10) „There are no metal ferrules, joints, nails or shoes on the kite.“ An deren Stelle benutzt auch er nur Laschungen.

Ungeachtet des Gewichts dieser Autoritäten möchte ich mich für die Verwendung von Eckblechen und Schrauben in derjenigen Anordnung erklären, wie sie Herr Marvin bei dem letzten Weather-Bureau-Modell gewählt hat (vgl. S. 51); und zwar vor allem wegen der Bequemlichkeit der Reparaturen bei dieser Befestigungsweise. Alle Drähte haben in ihr feste Stellen erhalten, in denen sie mit ihren End-Augen aufs leichteste einzusetzen und wieder auszunehmen sind, und jeder zerbrochene Stock ist sehr einfach zu ersetzen, ohne den Zusammenhang des Rahmens im übrigen zu lösen und ohne weiteres Nachmessen. Die Schraubenlöcher in den Längsleisten bieten keine Gefahr, weil sie an den Stellen angebracht sind, wo die Leisten nicht auf Biegung, sondern nur auf Schub oder Zug beansprucht sind. Andererseits bieten sie die grösste Garantie für die Herstellung und Erhaltung der genauen symmetrischen Drachenform.

Die Form und Anbringung dieser Eckbleche, die mit den Querrahmen durch Laschung, mit den Längshölzern durch die erwähnten Schrauben und Muttern verbunden sind, ist im Abschnitt 4, S. 51, beschrieben und in Fig. 37 bis 39 abgebildet.

*) Mittel von zwei älteren Modellen geringer Grösse (1.5 und 2.1 qm).

Digitized by Google

Als Material für diese Verbindungen dient bei grösseren Drachen Eisenblech (Weissblech) von 0.6 und 0.4 mm Dicke, und Schrauben, sowie Muttern aus Messing. Für die kleineren Drachen Magnaliumblech, von 0.5 mm, und Muttern aus Magnalium. Das Magnalium, die von Dr. Ludwig Mach entdeckte Legirung von Aluminium und Magnesium, eignet sich für diese Zwecke vortrefflich, da es bei einem spezifischen Gewicht von nur 2.2 die Fehler des Aluminiums nicht theilt; es ist weit härter und bruchfester als dieses, und lässt sich fast so gut bearbeiten wie Messing. Es lässt sich sehr gut feilen, sägen, bohren und fraisen, auch die Bleche vertragen das Stanzen, Falzen u. s. w. sehr gut, wenn etwas auf die Richtung der Faser geachtet wird.*)

Rohre werden, so viel mir bekannt, zur Zeit noch nicht aus Magnalium angefertigt. Anderenfalls würden solche als Ersatz für Holzleisten und Bambusstäbe sehr in Betracht kommen, wie denn überhaupt dem Magnalium, sowie den ähnlichen Legirungen des Aluminiums mit einigen anderen Metallen, wie Nickel. Wolfram, eine grosse Zukunft in der Drachentechnik und Luftschiffahrt gesichert erscheint. Der Preis des Magnaliums ist schon jetzt, dem Volum nach, wenig theurer als Messing (Gussstücke 10 *M.* pro kg), das es dabei an absoluter Festigkeit übertrifft. Aluminiumrohre sind zu Drachengestellen von Herrn Teisserenc de Bort eine Zeit lang verwandt, aber jetzt durch Fichtenholz ersetzt worden.

Für Verbindungen, die sich leicht wieder lösen lassen sollen, ist die in Fig. 52 dargestellte Weise sehr vortheilhaft: eine Schnur von passender Stärke und zum Binden bequemer Länge wird auf die Holzleiste mit „Pechdraht“ festgelascht und diese dann mittels dieses Bendsels an die beabsichtigte Stelle mit Schleife festgebunden.

Die nöthige Steifigkeit erhalten die amerikanischen Zellendrachen durch Diagonaldrähte in allen Richtungen. Hierzu wurde anfangs Phosphorbronze angewandt, in neuerer Zeit aber derselbe Stahldraht, der als Leine dient, oder dünnerer. Die gute Befestigung dieser Drähte ist nicht leicht, da bei einem blossen Herumwickeln um die Stangen des Gestells der harte Draht sich zuerst nur in losen Ringen um das Holz legt und erst später sich den Ecken anschmiegt und dabei lose wird. Auf dem Blue Hill sind Schrauben oder Muttern angewandt worden, um sie zu spannen und nachzuholen. Für denselben Zweck habe ich anfangs an abgemessene Drahtlängen an einem Ende eine Oese, am andern einen Messingring sorgfältig anspleissen lassen und dann den letzteren durch eine kurze Schnur an die Gestell-Ecke herangezogen und gebunden. die leicht nachgespannt werden kann. Gegenwärtig indessen ziehe ich dasjenige System vor, welches am Marvin-Drachen durchgeführt ist: alle Drähte genau abzumessen und an ihren Enden mit je einer Oese („Auge“), s. Fig. 53, von nur ca. 2 mm Durchmesser zu versehen, die durch eine ca. 40 mm lange Splissung gehalten wird. Diese Oesen sind durch Stifte gehalten, die in verschiedener Weise in den Winkelblechen festgehalten werden. Beim Aufschlagen des der Seewarte aus Washington zugesandten Drachens erwiesen sich alle Drähte bis auf einen in richtiger Spannung, sobald alle Holzleisten in ihre richtige Lage gebracht waren — ein Resultat, das freilich nur durch sehr präzise Arbeit erreicht werden kann, aber uns dann auch aller Sorge um die richtige Gestalt und Festigkeit des Drachens überhebt. In derselben Weise sind später eine Anzahl Drachen mit annähernd eben so gutem Ergebniss hier gebaut worden, wovon ein Theil zur Ausrüstung der deutschen Südpolar-Expedition gehörte.

Die Festigkeits-Bedingungen bei Drachengestellen sind im wesentlichen dieselben, wie bei Dach- und Brücken-Konstruktionen, nur ist der Winddruck bedeutend schwieriger in Rechnung zu ziehen, als das bei jenen vorherrschend wirksame Gewicht. Immerhin lassen sich jedenfalls die für jene Konstruktionen ausgearbeiteten Methoden, namentlich die graphischen, mit Vortheil auch beim Drachenbau anwenden.

Der Bezug. Als Bezug muss ein leichter, aber dichter und fester Baumwoll- oder Seidenstoff gewählt werden. In dem ausführlichen Berichte vom Blue Hill 1897 wird „Nainsook“ als der geeignetste Stoff bezeichnet, und in der That hat sich der Vorrath von diesem Baumwollstoff — in Deutschland als Nanzuk oder als Batist bezeichnet — den ich wiederholt aus England (Bradford) habe kommen lassen, als ein gleichzeitig so leichter und relativ dichter und fester Stoff erwiesen, wie ich ihn in Hamburg trotz allem Suchen nicht habe finden können, da so feine Futterstoffe in Deutschland nicht üblich sind und die bei uns (besonders im Elsass) fabrizirten Ballonstoffe zwar vorzüglich, aber nicht so leicht sind, zugleich auch viel

*) Alle diese Verbindungsstücke in Weissblech, Messing und Magnalium können von Herrn Gudenberg, Klempner und Mechaniker in Hamburg-Eimsbüttel, Bismarckstrasse No. 35, bezogen werden.

Digitized by Google

theurer. Das Gewicht des von mir verwendeten „Nainsook" oder „Cambric" ist 62—68 g pro Quadratmeter; andere von mir zu Drachen benutzte Baumwollzeuge — Calicot, Jaconnet, Satin — wiegen 80—100 g pr. qm. Ein aus Berlin bezogener „Batist" wog zwar nur 66 g pro qm, erwies sich aber als zu schwach: Drähte, gegen die er vom Wind gepresst wird, zerschneiden ihn. In neuester Zeit wird auf dem Blue Hill Seide als Bezug für Drachen genommen.

Man hat vielfach versucht, den Bezug der Drachen durch Firnissen einerseits undurchlässiger für den Wind, andererseits unempfindlicher gegen Regen zu machen. Der grosse Drache, den die Seewarte vom Washingtoner Wetterbureau erhalten hat, ist nicht gefirnisst. Chanute empfiehlt das sogenannte Collodium flexile zu diesem Zweck und rühmt daran, dass es erstens die Spannung des Zeuges durch Zusammenziehung desselben erhöhe und zweitens zugleich als Klebstoff diene, um den Bezug an das Gestell fest zu machen. Die Zusammensetzung, die er anwendet, ist folgende: 60 g Schiessbaumwolle, 1 l Alkohol, 3 l Aether, 20 g Ricinusöl und 10 g Canadabalsam. Statt des letzteren wird hier gewöhnlich Terpentinöl angewandt. Die Lösung muss mit einem flachen Pinsel rasch aufgetragen werden, da sie sehr schnell trocknet. Die von mir aus gewöhnlichem Collodium durch Zusatz von Alkohol, Aether und Ricinusöl hergestellte möglichst ähnliche Mischung hatte indessen nicht so starke Klebwirkung, wie Chanute sie beschreibt; auch wurde der Stoff durch zweimaliges Ueberziehen damit wohl steif und undurchlässig, allein im Laufe der Zeit ging das Collodium allmählich wieder ab, wenigstens auf den zusammenlegbaren Malay-Drachen, deren Zeug immer wieder gefaltet wird und die viel in Verwendung waren; die Festigkeit des Zeuges hat dabei nicht gelitten. Leinölfirniss in ebensolchen Drachen bleibt länger im Zeuge, greift aber vielleicht das letztere etwas an. Uebrigens wurde der Firniss in beiden Fällen nur auf dem vorderen Drittel des Malay-Drachens, bis etwas hinter die Querstöcke reichend, angebracht. Auf dem Blue Hill, wo anfangs einer Kautschuk-Lösung der Vorzug gegeben wurde, ist diese verlassen worden, weil sie den Stoff angreift, und ist später nur Paraffin, in neuester Zeit aber Pegamoid zum Firnissen von Drachen angewandt worden. In Reinickendorf wird z. Z. aller Drachenstoff paraffinirt.

Eine Prüfung der Frage, welche das Hamburger Chemische Staatslaboratorium auf die Bitte der Seewarte angestellt hat, ergab das folgende:

„Um das Gewebe wasserdicht zu machen, konnten nur solche Lösungen von wasserundurchlässigen Substanzen in Betracht kommen, die sich mit dem Pinsel aufstreichen,*) das Wasser rasch verdunsten lassen, und einen zusammenhängenden, gegen das Eindringen von Wasser möglichst widerstandsfähigen Ueberzug hinterlassen."

„Eine Lösung von festem Paraffin in Benzol oder eine Mischung von Collodium mit Aether und Ricinusöl erwiesen sich als am geeignetsten für den vorliegenden Zweck."

„Die Paraffin-Benzol-Lösung (20% festes Paraffin enthaltend) giebt warm einmal aufgestrichen nach dem Verdunsten des Benzols einen wasserundurchlässigen Ueberzug, der durch Erwärmen des mit Paraffin getränkten Gewebes recht gleichmässig wird, indem das Paraffin schmilzt und sich in das Gewebe einzieht. Die Gewichtszunahme beträgt für gefärbtes Zeug 52.5 g pro qm."

„Eine Mischung von gleichen Gewichtstheilen Collodium dupl. und Aether mit einem Zusatz von 2% Ricinusöl giebt nach zweimaligem Aufstrich ebenfalls einen gegen das Eindringen von Wasser ziemlich widerstandsfähigen Ueberzug. Die Gewichtszunahme beträgt für dasselbe Zeug pro qm 1.05 g nach einmaligem Aufstreichen und 1.95 g nach zweimaligem. Das Gewebe erscheint nach der Behandlung mit Collodium geschmeidiger, als wie nach der Imprägnirung mit Paraffin, ohne dabei wesentlich weniger widerstandsfähig gegen das Eindringen von Wasser zu sein."

Hiernach scheint ein Ueberzug von Collodium flexile, besonders des geringen Gewichts wegen, sich am meisten zu empfehlen. Oele, die bei gewöhnlicher Sommer-Temperatur flüssig sind, sind zum Imprägniren von Drachen deshalb nicht zu empfehlen, weil sie eine ziemliche Belastung darstellen und doch vom Regenwasser allmählich verdrängt werden.

Die Frage ist berechtigt, in wie weit überhaupt das Firnissen des Drachenzeuges nöthig und vortheilhaft ist. Das Vollsaugen des Zeuges mit Regenwasser ist nicht so bedenklich, wie manche glauben, denn im Laufe unserer Versuche sind wiederholt direkt aus dem Wasser gezogene Drachen sofort hinaufgeschickt worden und sehr gut gestiegen; das ist sogar die schnellste und beste Methode, sie zu trocknen. Doch

*) Weil die betreffenden Drachen bereits bezogen waren.

Digitized by Google

übt wahrscheinlich ein nasser Drache mehr Zug auf die Leine aus, als ein trockener, und das kann in Regenböen gefährlich werden. Was aber die Verstopfung der Poren durch den Firniss betrifft, so hat kürzlich Dr. Mannesmann*) gefunden, dass bei porösen Flächen der Widerstand nicht mit dem Quadrat der Luftgeschwindigkeit wächst wie bei vollen, sondern langsamer. Da nun die grossen Aenderungen des Winddrucks einer der grössten Uebelstände beim Drachenfluge sind, so könnte in der Porosität der Flächen ein vortheilhaftes Mittel zum Abstumpfen dieser Wechsel gegeben sein, in welchem Falle die Aufhebung derselben geradezu vom Uebel wäre. Zur Prüfung der Frage habe ich zwei genau gleiche leichte Drachen hergestellt, deren einer mit feinporigem, der andere mit grobporigem (Poren von 1 qmm) Zeug bezogen war, der letztere vermochte überhaupt nicht zu steigen, wenn nicht seine vordere resp. obere Hälfte mit einem Stück dichteren Zeuges oder Papiers überdeckt wurde, ein Beweis für den Werth, den das Schliessen der Poren hat. Für Hochaufstiege dürfte also das Firnissen des Zeuges, wodurch es in eine unveränderlich dichte Membran verwandelt wird, immerhin rathsam sein.

Die Befestigung des Zeuges am Gestell des Drachens geschieht bei den jetzigen Drachen des Washingtoner Wetterbureaus in der Weise, dass die vordere und hintere Zelle durch je einen langen Zeugstreifen gebildet wird, der an jedem Rande ein Liek erhält. Wenn seine Enden auf dem Gestell mit der richtigen Spannung zusammengenäht sind, kommen diese Lieke an die Innenkanten der Querleisten zu liegen und werden sodann mit centimetergrossen Stichen an diese Leisten angenäht; damit nicht beim Reissen eines Fadens eine grössere Strecke Zeuges lose werde und durch Flattern den Flug des Drachens beeinträchtige, wird der Faden in Abständen von je ca. 15 cm mit Knoten festgemacht. Diese, von Marvin empfohlene Befestigungsart spart am meisten an Stoff, also an Gewicht, und ist deshalb für Zellendrachen auch in Trappes und in Hamburg als Regel angenommen (vergl. übrigens S. 51).

Auf dem Blue Hill und in Berlin-Tegel dagegen wird der Stoff gewöhnlich um die Leisten herumgeklebt. Das vordere Ende jedes der vier Tragsegel hat hier, wie schon erwähnt, eine feste Wölbung erhalten, die dadurch erzeugt wird, dass an die Querleiste in ihrer ganzen Länge ein gekrümmtes Brettchen Fournierholz sich anschliesst, dessen hintere Kante die höchste Stelle der Wölbung bildet und das durch Bügel getragen wird, die in Fig. 33 dargestellt sind. Auf diesem Holze ist das Zeug festgeleimt.**)

Zur Erzeugung der festen Wölbung ist in neuester Zeit auf dem Berliner Aeronautischen Observatorium dünnes Stahlblech zur Verwendung gekommen, das sich durch seine ausserordentliche Elastizität empfiehlt. Die Erfahrungen damit sollen befriedigend sein.

Die Spanndrähte liegen bei diesen krummflächigen Drachen vor dem Zeug (in der Windrichtung gerechnet), bei Marvin's Drachen an allen Tragflächen hinter dem Zeug, bei den Drachen von Trappes, wie bei den älteren amerikanischen auf der Innenseite, also hinter den unteren und vor den oberen Segeln. Vielleicht ist aber auch für plane Drachen die Anbringung der Drähte vor dem Zeug das zweckmässigste, weil sie das Entstehen einer regelmässigen Wölbung gestattet, und das dünne Zeug von den hinter ihm liegenden Drähten unter dem Druck des Windes leidet. Die Erfahrung, dass beim Malay-Drachen auf der durch eine hintergespannte Schnur gestützte Seite der Druck zunimmt, lässt sich auf diese fest eingerahmten Flächen nicht anwenden, da die Wirkung dort voraussichtlich dadurch zu stande kommt, dass die Schnur der Verkleinerung der Fläche entgegenwirkt, die durch den Zug am Randliek entsteht (s. S. 49 und Fig. 35).

Unerwartete Schwierigkeiten bereitete die Farbe des Zeuges. Ungefärbtes Zeug ist zwar, wenn sonst alles gleich ist, am festesten, aber so helle Drachen sind, besonders vor weissen Wolken, schlecht zu sehen. Namentlich aber erschienen weisse Drachen unzweckmässig, als es galt die Südpolar-Expedition auszustatten, da ein Auffinden des Drachens in der Schneewüste, nach einem allfälligen Abreissen und Wegfliegen desselben, durch seine auffallende Färbung erleichtert werden musste. Am besten kenntlich, sowohl während des Fluges — und zwar in auffallendem wie in durchfallendem Lichte — als auch am Boden, ist ein lebhaftes Roth. Baumwollenstoff („Batist") in dieser Farbe (türkischroth), den ich aus Berlin bezog, erwies sich zwar als leicht genug, aber leider, wie oben gesagt, als zu schwach. Weder in Bradford,

*) Wiedemann's Annalen Bd. 67, 1899, S. 105.

**) Um im Regen nicht aufzuweichen, müssen diese geleimten Stellen mit Firniss gedeckt sein. Bei geraden Rändern ist die Anbringung eines Saumes mit eingelegter Schnur (Liek) immerhin vorzuziehen, bei krummen ist sie viel umständlicher, als das Leimen oder das Umlegen und Befestigen des Zeuges mit grossen Stichen.

Digitized by Google

noch in Hamburg habe ich Nanzuk-Stoffe in lebhafter Farbe erhalten können; auch das nachträgliche Färben derselben hat erhebliche Schwierigkeiten gemacht. Rother Kattun ist viel zu schwer; besser ist rother Satin, der aber immerhin 84 g pro qm wiegt und dessen geringe Breite (80 cm) manchmal unnöthige Näthe oder viel Abfall bedingt.

6. Abschnitt.

Verbindung des Drachens mit dem Erdboden.

a) ***Die Bucht.*** Mit dem Namen Bucht oder Zügel (*bridle* der Anglo-Amerikamer) wird die Verzweigung der Leine*) bezeichnet, mittels welcher sie an den Drachen befestigt zu werden pflegt. Ein gewöhnlicher Drache kann nicht ohne Bucht fliegen, von der mindestens ein Zweig näher zum Kopfende und einer näher zum Schwanzende des Drachens befestigt sein muss. Die Bucht liefert eine automatische Selbstregulirung und zwar in folgender Weise (Fig. 54): seien AB der Drache, W, G und L die auf ihn wirkenden Kräfte des Winddrucks, der Schwere und des Zuges der Leine, so kann der Drache nur im Gleichgewicht sein, wenn das Moment dieser drei Kräfte sowohl in bezug auf Drehung, als auf Verschiebung des Drachens Null ist. Da nun aber der Punkt, an dem der Winddruck ansetzt, offenbar fortwährenden kleinen Schwankungen ausgesetzt ist, so muss auch der Angriffspunkt des Zuges der Leine sich verschieben können, um das Gleichgewicht aufrecht zu erhalten. Dies wird nun in einfacher Weise durch die Bucht erreicht. Wirkt der Zug der Leine, statt direkt auf den Punkt F, auf eine Schnur, die in irgend einer der durch Punkte auf der Figur bezeichneten Weise vor dem Drachen ausgespannt ist, so wird durch eine kleine Drehung des Drachens oder der Leine um den Verzweigungspunkt (den „Buchtpunkt") die Stellung beider zu einander so weit geändert, dass der Zug der Leine wieder den Drachen in dem Punkte schneidet, wo er angreifen muss, um die verschiebende und drehende Wirkung der übrigen Kräfte aufzuheben. Dabei kann man, wie die Erfahrung zeigt, sowohl den Verzweigungspunkt längs dieser Druckachse L, als die Anheftepunkte der Schnüre längs der Linie AB innerhalb weiter Grenzen verschieben, ohne die Stabilität des Drachens zu beeinflussen.

Bei den heute für Hochaufstiege verwendeten Drachen liegen aber die Dinge ziemlich anders. Da beim Hargrave-Drachen der Angriffspunkt des Winddrucks nicht in derselben Ebene mit der Befestigung der Leine liegt, sondern hinter resp. über ihr, zwischen der unteren und der oberen Fläche des Drachens, so kann die erwähnte Selbstregulirung hier auch ohne Bucht, durch blosse Aenderung des Winkels zwischen Leine und Drachen geschehen. In der oft erwähnten Veröffentlichung Prof. Marvin's aus dem Jahre 1896 wird zwar auch bei diesen Drachen an der Befestigung an zwei Stellen der Längsachse des Drachens festgehalten und in Russland ist dieses auch heute üblich. Allein Hargrave befestigt die Leine nur an einem festen Punkte der Unterseite seines Drachens und wenn die Drachen des Washingtoner Amtes und des Blue Hill-Observatoriums heute noch an zwei Punkten der Längsachse gefesselt sind, so hat dieses einen andern Zweck, denn bei ersterem ist stets, bei letzterem zum guten Theil nur der eine Zweig gespannt, der andere hängt lose, bereit, bei zunehmender Windstärke an die Stelle des ersteren zu treten, wie wir weiter unten sehen werden.

Zuvor wollen wir noch eine andere Aufgabe der Bucht erwähnen: man kann durch sie das Gestell des Drachens gegen den Druck des Windes stützen und infolge dessen eventuell leichtere Stäbe nehmen, die dem Winddruck ohne solche Unterstützung nicht gewachsen sein würden. Bei den Hargrave-Drachen, die durch die festen Verstrebungen hinreichenden Halt haben, spielt diese fernere Unterstützung durch die Bucht keine grosse Rolle: die Diagonaldrähte bilden gewissermaassen eine innere Bucht. Doch ist die elastische Bucht der neuesten 8 qm Tragfläche messenden Drachen vom Blue Hill durch drei Schnüre, eine zum Mittel-, zwei zu den Seitenstöcken, gebildet. Die Sicherheit, dass das Gestell nicht etwa durch stürmischen Wind während des Fluges zerbrochen werde, mit Hülfe von Zweigleinen der Bucht zu erhöhen, dem steht auch bei den Hargrave-Drachen nichts im Wege, wenn auch zu so komplizirten Buchten, wie sie z. B. in den Illustr. Aeronaut. Mittheil. 1899, S. 15, von den russischen viereckigen Militärdrachen beschrieben werden

*) Seemännisch heisst eine solche Verzweigung eine Hahnepot. In Hamburg ist der Ausdruck „Bucht" bei Drachen der allein gebräuchliche.

Digitized by Google

(Fesselung an 16 Punkten), bei ihnen keine Veranlassung ist. Uebrigens ist nicht zu vergessen, dass bei mehrfacher Fesselung ein seitlicher Zug auf die Stangen des Gestells ausgeübt wird, der nach der Mitte zu gerichtet ist.

Die verschiedene Spannung, unter der die Theile der Bucht und die Hauptleine stehen, ergiebt sich aus der Lehre vom Seilpolygon. Sei in Fig. 55 L die Spannung der Hauptleine, B_1 die des vorderen, B_2 die des hinteren Zweiges der Bucht, α, β, γ die drei Winkel, dann gelten die Gleichungen

$$B_1 = L \sin\gamma / \sin\alpha$$
$$B_2 = L \sin\beta / \sin\alpha$$

Sind die Winkel α, β und γ gleich (also je 120°), so stehen alle drei Aeste der Hahnepote unter gleicher Spannung. Andernfalls ordnen sich die Spannungen in der umgekehrten Grössenfolge der gegenüber liegenden Winkel.

Um den Punkt zu finden, wo die einfache Leine am Gestell eines mehrflächigen Drachens zu befestigen ist oder wo sie in die verzweigte Bucht übergeht, bedient man sich bei neuen Drachenformen am besten einer Konstruktion, während man bei bekannten Formen gewissen Faustregeln folgt, die man sich nach gut fliegenden Drachen bildet.

Seien z. B. hk und il, Fig. 54a, die Profile zweier Flächen eines Treppendrachens, so darf man annehmen, dass der Winddruck auf dieselben annähernd durch die zwei Kräfte ab und cd darzustellen sei. Ihre Richtung ist, nach Marvin's Messungen an Hargrave-Drachen, bei guten Drachen nur etwa 10° von der Normalen auf die Tragflächen wegen des Stirnwiderstandes abweichend. Wasserversuche mit Modellen solcher Art zeigen, dass die Kraft ab grösser als cd ist; die Lage von f ergiebt sich aus der Proportion $bf : fd = cd : ab$. Das oberste Stück der Leine muss also in die Linie ef fallen, der Punkt g der ersten Verzweigung (Samuelson's „Buchtpunkt") auf derselben kann nach praktischen Erwägungen gewählt werden, z. B. bei g; dann sind gh und gi die beiden Hauptzweige der Bucht, denen man, wenn man will, Nebenzweige nach anderen Punkten des Drachens geben kann, die man stützen will. Die Erfahrung ergiebt, dass thatsächlich die Zuglinie ef die Vorderfront hi des Drachens ungefähr in ihrer Mitte schneidet.

Mit ähnlichen Schätzungen muss man auch bei anderen neuen Drachenformen den Buchtpunkt zuerst annähernd finden und dann durch den Versuch nachprüfen, um die etwa nöthigen Schiebungen vorzunehmen. Bei älteren Formen bedient man sich natürlich der einmal bewährten Regeln zur Auffindung der Druckachse bezw. des Buchtpunktes, von dem diejenigen für die sechseckigen platten Drachen bei deren Beschreibung auf S. 43 schon angeführt sind. Beim Malay-Drachen werden die beiden Zweige der Bucht am Längsstock in der Nähe seines oberen und unteren Endes mit Webeleinstek (s. unten) angebunden, derart, dass der Buchtpunkt, wenn zur Seite gelegt, auf den Querstock nahe an dessen Ende fällt.

Die Stelle am Hargrave-Drachen, an der die Leine anzubringen ist, wechselt einigermaassen, und es sind mir keine festen Regeln zu deren Bestimmung, von der doch der Flug des Drachens in hohem Maasse abhängt, bekannt.

Hargrave selbst schwankt in der Wahl der Befestigungsstelle zwischen der Mitte der vorderen Zelle (z. B. Aeronaut. Journal, April 1897, S. 10) und deren hinterem Rande (ebenda Juli 1899, S. 53). Von fünf seiner Drachen giebt Hargrave in den „Memoirs of the R. Soc. of N. S. Wales", Vol. 29, 1895, Tafel 9, über den Ort der Fesselung genaue Angaben, die ich hier anführen will.

Beide Zellen hatten genau gleiche Grösse; in engl. Zollen betrugen die Abstände (4 Zoll = 1 dm):

Drachen	Länge jeder Zelle	Zwischenraum zwischen den Zellen	Abstand des Befestigungspunktes vom Vorderrande der 1. Zelle
A	23	25	19
B	23	28	19
C	27	53	32
D	30	42	27
E	30	48	34

Seit 1896 macht Herr Hargrave den Abstand zwischen den beiden Zellen nur ebenso lang, wie die Zellen selbst, also = $^1/_3$ der Länge des Drachens. In seiner Mittheilung an dieselbe Gesellschaft giebt er die Mitte der vorderen Zelle als Befestigungsstelle bei diesem neuen Drachen an. Im übrigen vergleiche das S. 45 Gesagte. Wenn die Deutung „zur Mitte des Drachens" richtig ist, so stimmt sie bezüglich des Ein-

Digitized by Google

flusses der Windstärke überein mit einer Anweisung, die Marvin in der „Instruction for Aerial Observers“ unter der Ueberschrift „bridling in light winds“ giebt. Danach soll, um den Winddruck bei schwachem Winde zu vergrössern, durch eine nach dem Hinterrande der Vorderzelle gezogene Schnur die Leine soweit rückwärts gezogen werden, dass ihre Verlängerung den unteren Mittelstab 6 bis 8 Zoll (15 bis 20 cm, bei 2 m Gesamtlänge des Drachens) hinter dem Vorderrande der Vorderzelle trifft. Eine hinter den Hinterrand der letzteren fallende Fesselung wird indessen, so viel mir bekannt, nirgends für Hargrave-Drachen angegeben.

An den Zellendrachen des Blue Hill ist derjenige Zweig der Leine, der bei schwachen Winden die Hauptspannung trägt, am hinteren Rande der Vorderzelle angebracht*) und elastisch gemacht (vgl. unten). Erst bei starkem Winde geht der Zug von diesem Zweige der Bucht allmählich auf eine feste, nach der Spitze des Drachens gezogene Schnur über.

Im Augusthefte 1899 des russischen „Meteorolog. Boten“ beschreibt Herr Griboyèdof Versuche mit einer Modifikation des Hargrave-Drachens, bei welcher die Tragflächen nicht eben, sondern wie beim Malay-Drachen zu beiden Seiten der Längsachse zurückweichend gestaltet sind. Bei diesem trifft die Verlängerung der Richtung der Leine den Drachen noch hinter dem Hinterrande der Vorderzelle, was Herr Griboyèdof der besseren Ausnutzung der hinteren Zelle, die bei dieser Form weniger in den Windschatten der Vorderzelle kommt, zuschreibt.

Sehr merkwürdig ist die Fesselung des an den Drachenstationen des Weather Bureaus eingeführten neuen Drachens von Marvin, von dem die Seewarte ein Exemplar besitzt (s. Fig. 58). Denn bei diesem ist sogar der Zweig der Leine, an dem der Drache bei mässigem Winde allein fliegt, am äussersten vorderen Rande des Drachens angebracht, und der Reservezweig für stürmischen Wind, ebenso wie beim Blue Hill-Drachen (Zweig *B* auf Fig. 57), noch darüber hinaus an dem vorstehenden Mittelstock. Leider hat Herr Marvin über die Entstehung und Theorie dieses Drachens, sowie über Beobachtungen der Elemente seines Fluges, noch nichts veröffentlicht; seine ausführlichen Abhandlungen über die Drachenfrage fallen in die Zeit vor der Erfindung dieses Drachens. Die Fesselung am vorderen Ende beim normalen Fluge ist offenbar nur dadurch möglich, dass die vordere Zelle dieses Drachens drei, die hintere nur zwei Tragflächen hat und dadurch das Uebergewicht des Winddrucks auf die vordere besonders gross ist. Dennoch möchte man erwarten, dass bei solcher Fesselung der Drache unter geringem Höhenwinkel fliegen müsse; thatsächlich ist dieser Winkel bei ihm vortrefflich, θ gewöhnlich etwa 60°. Ueber die Fesselung bei schwachem Winde siehe oben!

Ein sehr wichtiger Fortschritt im Drachenbau besteht in der zuerst 1896 von Herrn Clayton angewandten automatischen Aenderung des Einfallswinkels des Windes zur Drachenfläche bei zunehmender Windstärke.**) Die Erfahrung zeigt nämlich, dass eine Verschiebung der Anheftungsstelle der Leine aus ihrer normalen Lage nach dem Kopfe des Drachens hin den Druck des Windes auf den Drachen sehr verringert, ohne seine Stabilität aufzuheben, nur unter gleichzeitiger Abnahme seines Höhenwinkels. Während der Zug der Leine sich nach vorn verlegt, legt sich der Drache flacher, der Winddruck auf denselben nimmt infolge des verminderten Einfallswinkels des Windes ab und ändert auch wohl, da nun der Rumpfwiderstand eine grössere Rolle darin spielt, seinen Angriffspunkt und seine Richtung ein wenig, bis ein neues Gleichgewicht zwischen den drei Kräften: dem unveränderten Gewicht *G* und den nach Angriffspunkt, Grösse und Richtung veränderten Kräften *W* und *L* (vergl. Abschnitt 3) erreicht ist, wie Fig. 56 I und II es veranschaulichen. Auf diese Weise ist eine, dem Sicherheitsventil der Dampfmaschinen vergleichbare, Sicherung gegen übermässige Spannung der Leine geschaffen, die sich in der Praxis gut bewährt hat. Zum Beweise führt Herr Fergusson im Blue Hill-Bulletin No. 3, 1899, an, dass daselbst gleichzeitig in einem Sturm von 22.4 m pro Sek. ein Drache mit automatisch sich regulirender und einer mit fester Bucht hinauf gesandt wurden. Der erstere war so eingerichtet, dass er nicht mehr als etwa 30 Pfund engl., oder ein Pfund per Quadratfuss Zug ausüben sollte, und überstieg diese Grösse während des ganzen Versuchs nicht. Der feste Drache war kleiner, aber zog zwischen 60 und 108 Pfund, im Durchschnitt 8 Pfund per Quadratfuss. Bei einer andern Gelegenheit brach die Hauptleine in einer schlechten Splissung, während fünf Drachen in der

*) So nach älteren und auch wieder nach den neuesten Bildern. Nach der Zeichnung in Bull. No. 3, 1899, dagegen in der Mitte dieser Zelle.

**) Etwas ähnliches wurde schon 1887 von Du Hauvel vorgeschlagen.

Digitized by Google

Luft waren. Der unterste Drache blieb mehrere englische Meilen von der Winde in einem Baume hängen, und die vier übrigen Drachen, mit einer Tragfläche von etwa 130 Quadratfuss (12 qm), blieben nahezu 24 Stunden in der Luft. Während dieser Zeit wuchs der Wind zu einem Sturme von 18 bis 29 m pro Sek. an, und wenn die Drachen feste Buchten gehabt hätten, hätte der Gesamtzug über 1000 Pfund steigen müssen. Der wirkliche Zug ist nicht gemessen worden, aber er reichte nicht aus, um den Draht zu zerreissen, dessen Festigkeit ca. 300 Pfund beträgt. „Mit einer so wirksamen und sicheren Methode der Kontrole über den Zug wird es möglich, die Hauptleine bis zu ihrer oberen Sicherheitsgrenze in Anspruch zu nehmen", sagt Herr Fergusson. „Die Gesamtfläche der Drachen an der Leine übertrifft oft 200 Quadratfuss ($18^1/_2$ qm), und Windgeschwindigkeiten über 18 m pro Sek. sind oft vorgekommen, während ein solches Gespann flog."

Um den Maximaldruck im voraus ungefähr zu bestimmen, bedient man sich auf dem Blue Hill des einfachen Verfahrens, die Bucht in der Ebene des Drachens zum Kopfende soweit mittels einer Federwage auszuziehen, bis die vordere Schnur gespannt ist. Ein Pfund per Quadratfuss gilt als entsprechende Grenze.

Die auf dem Blue Hill zur Zeit angewendete Bucht ist auf Fig. 57 nach einer handschriftlichen Skizze dargestellt, die ich Herrn Rotch verdanke. Die Schnüre A_1, A_2, A_3 bestehen zum Theil aus Kautschuk und dehnen sich bei zunehmendem Winddrucke aus, wodurch die Spannung mehr und mehr von der unelastischen Schnur B übernommen wird und der Drache sich flach legt.

Die Bucht des Marvin'schen, auf den Stationen des Weather Bureau eingeführten Drachens ist auf Fig. 58 dargestellt. A ist der vordere Rand des Drachens, AC das überstehende Stück des Mittelstocks, an dessen vorderem Ende derjenige Zweig der Bucht befestigt ist ($B'C$), an dem der Drache in starken Winden nach Zerreissen der „Safety line" S fliegt. Letztere ist ein dünner Stahldraht, der bei ca. 38 kg Spannung reisst, lange bevor der Druck des Windes für den Drachen oder die Hauptleine gefährlich wird. Dann legt sich der Drache unter so geringem Winkel zum Winde, dass der Druck reduzirt wird und auch bei weiterem Anwachsen des Windes kaum zunimmt. Dafür aber fliegt nun der Drache unter geringerem Höhenwinkel, so dass nach dem Urtheil der amerikanischen Beobachter ein guter Aufstieg danach unmöglich wird.*) Da an dem Drachen dieser Art, der sich im Besitz der Seewarte befindet, der Sicherheitsdraht bei den ersten vier Aufstiegen schon bei mässigem Winde gleich im Beginn gerissen ist,**) so habe ich die Leine AB durch eine Kautschukschnur ersetzt. Der Erfolg ist durchaus befriedigend. Der Draht S kann unter diesen Umständen entbehrt werden, doch habe ich ihn zunächst viele Monate lang an seiner Stelle gelassen. Nach dem Einsetzen der Kautschukschnur ist der Draht S bei keinem Aufstiege mehr gebrochen — ein Beweis, wie sehr die Spannung in diesem Zweige der Bucht durch die Elastizität der Schnur vermindert ist.†)

Ein vortreffliches Mittel, um den Einfluss der Fesselung auf den Flug und den Zug des Drachens zu studiren, ist, den Drachen an zwei Leinen fliegen zu lassen, deren eine an das Kopf-, die andere an das Schwanzende geht, und diese zweite Leine abwechselnd nachzulassen und stramm zu ziehen. Schaltet man in die Kopfleine eine Federwage ein, so sieht man, wie die Spannung dieser Leine, sobald man die Schwanzleine nachlässt und der Drache sich flach legt, auf $^1/_3$ oder $^1/_4$ des Werthes sinkt, den sie bei gespannter Schwanzleine hat, und nicht viel mehr als das Gewicht des Drachens beträgt, während zugleich der Höhenwinkel des Drachens, bei einer Schnur von etwa 150 m Länge, von 50—60° auf 20—30° abnimmt. Dennoch schwebt der Drache in dieser neuen Gleichgewichtslage.

Auf Grund dieser Erfahrungen habe ich sie seit 1900 bei Hargrave-Drachen fast stets angewendet. Auch bei meinem neuen Treppen-Drachen habe ich, nachdem er bei den ersten Versuchen zweimal den Draht zerrissen hatte, den unteren Zweig der Bucht elastisch gemacht.

Es dürfte keine besondere Schwierigkeit haben, die Bucht für den Abstieg des Drachens flacher einzustellen, als für den Aufstieg, und so den beim letzteren zu überwindenden Druck wesentlich zu verringern.

*) Vergl. Proceedings of the Convention of Weather Bureau Officials at Omaha, Oct. 1898, p. 115.

**) Dem Drachen waren eine Anzahl Reservedrähte dieser Art aus Washington mitgegeben.

†) Damit nicht schon bei mässigem Winde durch die Ausdehnung der Gummischnur der Einfallswinkel verringert wird, sondern die Drachenfläche bei solchen voll ausgenutzt wird, habe ich manchmal bei schwachem Winde A und B' ausserdem durch einen unelastischen Faden verbunden, der bei ca. 25 kg Zug reisst, und da Marvin für schwachen Wind eine Zurückziehung des Punktes B um ca. 15 cm nach dem Hinterende des Drachens, durch einen Bucht-Zweig nach dem Hinterrande der Vorderzelle, empfiehlt, so kann man denselben Faden auch weiter nach diesem Punkte führen. Die erste Hebung des Drachens vom Erdboden geschieht dann, wenn der Wind unten schwach oder mässig ist, unter möglichst günstigen Bedingungen, trifft aber der Drache stärkeren Wind, so tritt durch Zerreissen des Fadens die elastische Bucht in Thätigkeit.

Digitized by Google

ohne etwas an der Kraft des Drachens beim Aufstieg einzubüssen. Man braucht nur die Uhr des Registrirapparates nach einer vorher bestimmten Zeit, wann man das Einholen beginnen will, eine Schnur durchschneiden zu lassen, welche den hinteren Theil der Bucht durch eine Schlinge verkürzt, so dass von da ab der Drachen sich um so viel, als man wünscht, flacher legt — unabhängig von der weiteren Abnahme seines Einfallswinkels bei Verstärkung des Windes. Bei der Anbringung des Registrirapparates im Innern des Hargrave-Drachens, wie sie am meisten zu empfehlen ist, kann dieses mechanisch geschehen. Statt die Bucht nach einer gewissen Zeit, z. B. nach drei Stunden, flach zu machen, kann man dieses eventuell auch nach einem bestimmten Windwege thun, um bei schwacher Luftströmung das Flachlegen des Drachens, das stets mit einem starken Fallen des Drachens verbunden ist, zu vermeiden, da dann ja der Zug überhaupt nicht stark ist.

b) ***Schnüre und Knoten.*** Obwohl in allen Fällen, wo es auf Hochaufstiege ankommt, für die Hauptleine Metalldraht die Pflanzenfaser unbedingt verdrängt hat, bleibt für kurze Verbindungsstücke, wo es auf das grössere Gewicht und Volumen nicht ankommen kann, Schnur so viel bequemer, dass sie neben dem Draht ihre Bedeutung behalten wird, wenn auch die dünnen Stahlkabel jetzt in solcher Güte in Bezug auf Festigkeit und Biegsamkeit hergestellt werden, dass sie zu manchen Zwecken die Schnur mit Vortheil ersetzen können. Namentlich wo ein Handhaben in der Hand nöthig ist, lässt sich Draht kaum verwenden. Die Ankoppelung des Drachens an den auf der Winde aufgewickelten Draht geschieht am besten mittels eines „Vorläufers" von Schnur, der in vielen Fällen zwar ganz kurz, kaum meterlang, sein kann, aber in manchen Fällen auch 60 bis 100 m lang genommen werden muss, wenn z. B. die Lage des Ortes bei gewissen Richtungen des Windes es nicht gestattet, den Drachen von der festen Stelle der Winde selbst aus aufzufieren, in welchem Falle es immer noch bequemer bleibt, den Drachen aus der Hand zu lassen und erst, wenn er zum „Stehen" gekommen ist, mit ihm zur Winde hinzugehen,*) als die Winde zu transportiren. Unter allen Umständen ist es nothwendig, dass der mit Drachen Hantierende auch mit Schnüren und Knoten Bescheid weiss.

Als Material kommt hauptsächlich Hanf und Ramie in Betracht. Die Zerreissfestigkeit der letzteren seidenähnlichen Pflanzenfaser soll laut freundlicher Mittheilung des Herrn Prof. Dr. Sadebeck, hier, die des russischen Hanfes sogar im Verhältniss von 7 zu 4 übertreffen (nach Hanausek und Hassack). Eigene Zerreissversuche an Proben, die ich mir verschaffte, haben mir allerdings nur einen geringen Vorzug der Ramie vor dem Hanf ergeben, der den viel höheren Preis nicht aufwiegt, sofern das schönere Aussehen dieser Schnüre nicht ins Gewicht fällt. Ich habe mich deshalb mit Hanf begnügt. Die Erfahrung hat dabei gezeigt, dass für jedes Quadratmeter Drachenfläche etwa $1^1/_2$ Quadratmillimeter Schnurquerschnitt ein passendes Verhältniss ist. Daraus ergiebt sich:

für eine Drachenfläche von	2 qm	5 qm	8 qm
ein Schnurquerschnitt..... »	3 qmm	$7^1/_2$ qmm	12 qmm
eine Schnurdicke (Durchmesser) »	2 mm	3 mm	4 mm

Wo es sich nur um kurze Verbindungsstücke zwischen Draht und Drachen handelt, das Gewicht also keine Rolle spielt, thut man auf alle Fälle besser, die Schnur beträchtlich stärker zu nehmen. Bei längeren Leinen kann man sich auch nach der jeweiligen Windstärke einrichten.

Ich habe stets Schnüre von $^5/_4$, 2, 3 und 4 mm Durchmesser verwendet. Allzuviel Abstufungen machen das Auseinanderhalten schwierig. Geflochtene Schnüre sind etwas schwächer, als gedrehte, weil die kreuzweis übereinander liegenden Fäden einander schneiden.

Es ist übrigens bei den hiesigen Versuchen vorgekommen, dass die 4 mm-Schnur in einer Regenböe bei einem Druck gerissen ist, der sicherlich weit unter 100 kg betrug, und nicht in einem Knoten, sondern in ihrem Verlaufe. Im Bruche zeigte sich die eine der drei Duchten dunkelbraun, wie angebrannt. Wahrscheinlich hat man es hier mit der Wirkung von elektrischen Funken bei ungleichmässiger Benetzung der Schnur zu thun. Wenigstens hat mir auch Herr Teisserenc de Bort erzählt, dass in seinen Versuchen die Zerstörung der Schnur durch elektrischen Funken ohne Gewitter vorgekommen ist.

*) Bei schwachem Winde kann ein Mann bequem den Zug von etwa 7 qm Drachenfläche beherrschen, bei starkem, wo dies nicht möglich, ist dafür auch weniger Raum zum Auffieren der Drachen erforderlich.

Digitized by Google

Die schwächsten Punkte der Schnur sind unter gewöhnlichen Verhältnissen ihre Knoten, und da die Festigkeit der Schnur gleich der ihrer schwächsten Stelle ist, so muss den Knoten besondere Aufmerksamkeit zugewandt werden. Die folgenden neun Figuren geben die am häufigsten angewandten Knoten in losem Zustande in aufsteigender Reihenfolge der Güte wieder.

Die gebräuchlichsten, aber auch schlechtesten Knoten sind der Weiberknoten, Fig. 59 und der Doppelknoten, Fig. 60. Bessere Knoten sind der Reff- oder Kreuzknoten, Fig. 61*) und der Schotenstek, Kneifstek oder Weberknoten, Fig. 62, die besten aber sind, je nach dem Zweck, Fig. 63 bis 67, nämlich der Fischermannsstek, Fig. 63, zu dauernder Verbindung zweier Enden, der Packetknoten, Fig. 64, an Land und zwei halbe Stek, Fig. 65, oder der Webeleinstek, Fig. 66, auf See zur Umschlingung eines festen Gegenstandes, endlich der Pahlstek oder Leibknoten, Fig. 67, zur Bildung einer Schlinge, die sich nicht zusammenzieht. Fig. 59 bis 63 sind Verbindungen zweier Schnüre, Fig. 64 bis 67 Schlingen derselben Schnur; der Pahlstek ist indessen auch zu gut lösbaren Verbindungen zweier Schnüre geeignet, indem man zwei solche Schlingen durch einander steckt. Die Schlingen Fig. 64, 65 und 67 werden durch Durchstecken des Schnurendes gebildet, der Webeleinstek, Fig. 66, aber kann auch im Verlaufe einer endlosen Schnur gebildet und über einen festen Körper geschoben werden.

Obige Gütefolge erkennt man leicht aus folgender Uebersicht über das Verhalten dieser Knoten mit und ohne Spannung:

		leicht	mittel	schwer
a) unter Spannung zerreisst:				
» » gleitet („schliert")	leicht ..	Fig. 59	—	—
	etwas ..	—	Fig. 61	—
	nicht ...	Fig. 60	Fig. 62	Fig. 63—67
b) Lösung nach aufgehobener Spannung:		schlecht	mittel	leicht
		Fig. 59 u. 60	Fig. 61—64	Fig. 65—67

Die Lösung der Knoten Fig. 61 bis 63 ist nur dann leicht, wenn keine bedeutende Spannung darauf gewesen ist; andernfalls „bekneifen" sie sich ebenso, wie Fig. 59 und 60. Zur Lösung von Fig. 61 streckt man eine der Schnüre gerade und streift die andere von ihr ab; um dieser Eigenschaft willen wird der Knoten beim Reffen der Segel verwendet. Fig. 62 muss gebogen, Fig. 63 auseinander gezogen werden. Um diese beiden Knoten auch nach starker Spannung lösen zu können, muss man den Tamp (das Ende der Schnur) statt einmal zweimal auf demselben Wege durchstecken (Fig. 62a und 63a); dann genügt es, die beiden nebeneinander liegenden Schnurwindungen auseinander zu schieben, um den Knoten zu lockern. Zur Lösung von Fig. 64 wird der Endknoten *e* weggeschnitten. Die Knoten 65 bis 67, vor allem der Pahlstek, sind dagegen selbst dann leicht zu lösen, wenn eine Spannung bis nahe zum Zerreissen stattgefunden hat — eine äusserst werthvolle Eigenschaft!

Ueber den wichtigsten Punkt, die Zerreissfestigkeit der Knoten, hat Prof. Marvin eine Reihe von Messungen gemacht. Da es sich indessen nur um die Feststellung der relativen Güte der verschiedenen Knoten handelt, so kann man ohne umständliche Messungen dasselbe erreichen, wenn man die zu vergleichenden Knoten nebeneinander in dieselbe in Stücke zerschnittene Schnur knüpft und dann bestimmt, welcher Knoten zuerst reisst. Die Ergebnisse sind, offenbar wegen kleiner Ungleichheiten in der Schnur und vielleicht auch zufälliger Unterschiede in der Schürzung des Knotens, etwas wechselnd, aber im Ganzen doch klar genug. Man kann in kurzer Zeit eine grosse Anzahl solcher Versuche anstellen.

Fünfzig Zerreissversuche am 21. Juli 1898, bei denen in derselben Schnur verschiedene Knoten sich befanden (No. 4, 5, 7 stets und mindestens einer von 1, 2 oder 3), ergaben folgende Wahrscheinlichkeiten für das Zerreissen oder Auflösen derselben durch Rutschen:

Knoten Fig.	59 Weiberkn.	60 Doppelkn.	61 Kreuzkn.	62 Schotenst.	63 Fischerm.	67 Pahlstek	Schnur
Zerreissen	0.06	0.27	0.20	0.16	0.10	0.06	0.06
Auflösen	0.28	0.00	0.10	0.00	0.04	0.02	—
Summe	0.34	0.27	0.30	0.16	0.14	0.08	0.06

*) Marvin empfiehlt, die losen Enden nicht parallel, sondern rechtwinklig zu den festen zu legen. Auf die Festigkeit scheint dieses nach meinen Versuchen keinen Einfluss zu haben, wohl aber dürfte das Schlieren des Knotens dadurch mehr verhindert werden.

Digitized by Google

Spätere Versuche von mir bezogen sich auf den spezielleren Vergleich einzelner Knotengruppen; dabei wurde, um den Einfluss etwaiger Ungleichheiten der Schnur zu eliminiren, der Ort des Knotens oft geändert, zuweilen vertauscht:

a) schwache Knoten:	Fig. 60 Doppelknoten	Fig. 61 Kreuzknoten	Fig. 62 Schotenstek
Wahrscheinlichkeit des Reissens nach 20 Versuchen	0.50	0.25	0.25
desgl. nach weiteren 20 Versuchen ohne d. Doppelknoten	—	0.80	0.20

b) starke Knoten:	Fig. 63 Fischermannstek	Fig. 64 Packetknoten	Fig. 67 Pahlstek	Schnur
nach 30 Versuchen	0.37	—	0.50	0.13
» 33 »	—	0.33	0.46	0.21

Eddy's „Fischermanns-Knoten" und der Packetknoten übertreffen also nach diesen Versuchen sogar den vorzüglichen Pahlstek an Festigkeit; noch mehr thut dieses, nach einigen wenigen Versuchen, der Webeleinstek. Dennoch verdient der Pahlstek wegen seiner weiteren Verwendbarkeit den ihm von Marvin gegebenen Namen „the king of the knots" recht wohl. Der „Fischermanns-Knoten" ist nur geeignet, wo zwei lose Enden dauernd fest verbunden werden sollen, der Packetknoten und der Webeleinstek nur, wo eine Schlinge sich um einen festen Gegenstand zuziehen soll, wobei es gleichgültig ist, ob dieser Gegenstand ein Baumstamm oder eine Stricknadel ist, die Zerreissfestigkeit ist dieselbe; der Pahlstek aber überall, wo man eine Schlinge brauchen kann, die sich nicht zuzieht und auch nach grösstem Zuge leicht zu lösen ist; er lässt sich also auch in jenen beiden Fällen brauchen, indem man in ersterem Falle zwei Schlingen dieser Art ineinander steckt, im letzteren das übrige Tau durch die Schlinge steckt und die so neu gebildete Schlinge zuzieht. Die festeste, zugleich stets sofort lösbare Verbindung zwischen zwei losen Enden ist, an dem einen eine Oese mit Pahlstek, am anderen einen Knebel mit einem der Knoten Fig. 64—66 anzubringen, wenn man nicht vorzieht, wie bei Seeleuten üblich, an Stelle des letzteren Knotens eine Splissung zu setzen.

Wenn es einen festen Gegenstand zu umschnüren gilt, so hat jeder der in Fig. 64 bis 66 dargestellten Knoten unter Umständen seine Vorzüge. Soll die Schlinge vorher gemacht und dann über den Gegenstand geschoben werden, so ist der an Land für Packete gebräuchliche Knoten Fig. 64 bequem; gestattet der Gegenstand dieses Hinüberschieben nicht, so ist die auf See angewandte Befestigung des Endes mit zwei einfachen „halben Stek", Fig. 65, noch zweckmässiger, die ebenso fest ist; der Webeleinstek, Fig. 66, hat einige Eigenschaften vor diesen voraus, namentlich die, dass er nicht nur am Ende (dem „Tamp") einer Schnur angewandt werden kann, sondern auch mitten in derselben, wenn es sich um Befestigung an einem freien Ende des festen Gegenstandes handelt, denn er besteht einfach aus zwei nebeneinander gelegten Schnurringen. Dabei ist er, weil die Schnur in ihm nirgends stark geknickt oder gerieben wird, sehr fest; bei der an sich näher liegenden andern Legung der beiden Ringe, zu einer einzigen Doppelschlinge, ist die Schnur an der Knickstelle viel eher dem Reissen ausgesetzt.

Alle Knoten lassen sich noch verstärken, indem man die betreffende Schnurstelle, bevor man den Knoten schürzt, umwickelt, in einen Hohlsaum als Hose steckt oder eine Ducht mehr in die Schnur an dieser Stelle hineinsplisst. Bei den guten Knoten kann man dann erreichen, dass der Knoten nicht mehr die wahrscheinlichste Bruchstelle bleibt, also die Festigkeit der Schnur durch ihn durchaus nicht vermindert wird.

Von den eben besprochenen Knoten sind nicht nur die schlechten Allerwelts-Knoten Fig. 59 und 60, sondern auch die sehr festen Knoten Fig. 63 und 64 bei Seeleuten nicht gebräuchlich. No. 64 ist, in Deutschland wenigstens, bei Krämern, Manufakturisten, Buchhändlern, auf der Post u. s. w. allgemein im Gebrauch, wird mit Virtuosität gehandhabt und gehört zu den ersten Dingen, die ein Lehrling lernen muss.

Auf Fig. 58 sieht man die beiden Zweige der Bucht mit Webeleinsteken am Drachenrahmen befestigt; die freien Enden der Schnur sind sodann durch die Endkausch gesteckt und durch 2 Pahlsteke verbunden.

Die englischen Bezeichnungen für die oben angeführten Knoten sind: Fig. 59, grandmothers knot; 60, double overhand knot; 61, square knot (franz.: noeud carré, n. de tisserand); 62, sheet bend, weaver's knot; 63, fisherman's knot; 66, clove hitch; 67, bowline knot (franz.: noeud de bouline, n. d'archer).

Digitized by Google

Andere gute Knoten zu bestimmten Zwecken sind der doppelte Pahlstek zum Bilden einer Schlinge in einer Schnur ohne Ende, bezw. deren Enden fest sind, der Trompetenstek zum Verkürzen einer Schnur, u. a. m.

Bei genauerer Prüfung findet man, dass auch bei Knoten dasselbe Prinzip gilt, das wir bei den Drahtverbindungen näher werden ins Auge fassen müssen, nämlich, dass die gefährliche Stelle die ist, wo die Schnur beim Eintritt in den Knoten und noch ohne „bekniffen" zu sein, d. h. ohne durch Reibung einen Theil ihrer Spannung an benachbarte Theile abgegeben zu haben, einer scharfen Krümmung unterliegt. Die Bruchstelle ist in den obigen Figuren mit *a* bezeichnet. Die grosse Zerreissfestigkeit des Pahlsteks und des Fischermanns-Knotens beruht eben darauf, dass die Krümmung an den bezeichneten Stellen allmählicher erfolgt, als in anderen Knoten, besonders als in Fig. 60, wenn dieser, wie gewöhnlich, einem Zuge in den Pfeilrichtungen unterliegt. Beim Pahlstek muss deshalb die *a* umgebende Schleife nicht scharf zugezogen werden (wie Anfänger es wohl thun); ein Slippen bezw. Schlieren des Knotens ist nicht zu befürchten, durch scharfes Zuziehen dieser Schleife wird aber die Krümmung in *a* verschärft. Beim Packetknoten ist dieser Einfluss der Krümmung leicht zu erkennen: bei rauhen Gegenständen, um die die Schnur nicht gleiten kann, macht es einen Unterschied, unter welchem Winkel das längere Schnurende hinter *a* gezogen wird; es reisst merklich leichter, wenn es (s. Fig. 64) nach rechts, als wenn es nach links gezogen wird, weil der Knick in *a* im ersteren Falle schärfer ist.

Ein Mittelding zwischen der Schnur und dem Stahldraht bilden die geflochtenen Kabel aus dünnen Stahldrähten, die neuerdings in so geringer Dicke — bis 2 oder 3 mm herab — hergestellt werden, dass sie auch für Drachenzwecke zu verwenden sind. Sie sind viel besser zu behandeln, als der Draht, da sie weit weniger Elastizität zeigen und nicht so leicht Kinke bilden, müssen aber, um gleiche Festigkeit zu haben, wie der Draht, bedeutend grösseren Durchmesser erhalten, als dieser, und sind daher nur für kurze Stücke, zum Ersatz der Hanfschnur, geeignet, da sie, an Stelle des Drahts gesetzt, wegen des Drucks des Windes auf eine solche Leine bei weitem nicht so grosse Höhen zu erreichen gestatten würden.

c) ***Der Draht.*** Für den Haupttheil der Leine, die den Drachen oder das Drachengespann mit der Erde verbindet, wird jetzt allgemein harter Stahldraht, sogenannter Musikdraht*), angewendet, gewöhnlich von einem Durchmesser von 0.7 bis 0.9 mm. Da von der Festigkeit und dem Gewicht des Drahtes die erreichbare Höhe und das Wesen der Drachenaufstiege überhaupt abhängen, so finden sich diese Fragen bereits im zweiten Abschnitt dieses Berichts auf Seite 17 behandelt.

Bei den Versuchen der Seewarte ist Draht von 0.7, 0.8 und 0.9 mm Durchmesser zur Verwendung gekommen; 1898 nur die dünne, 1899 grösstentheils die dickeren Sorten, seit dem Oktober 1900 wieder vorwiegend die dünneren. Der Querschnitt und dementsprechend das Gewicht und die Festigkeit der 0.8 mm dicken Sorte ist anderthalb mal so gross, wie diejenigen des 0.7 mm-Drahtes. In den Jahren 1898 und 1899 wurde unverzinkter, 1900 und 1901 verzinkter Draht verwendet; ersterer ist zwar etwas stärker, aber durch sein leichtes Rosten und die daraus entspringende Nothwendigkeit, ihn beständig unter einer Oelhaut zu halten und durch den beständigen Kampf gegen die Feuchtigkeit viel unbequemer, als der verzinkte. Letzterer ist dem Rosten weit weniger ausgesetzt, wenn es auch immerhin zu empfehlen ist, ihn beim Aufwickeln nach einem Aufstieg im Regen stets trocken zu wischen und leicht einzuölen.

So vorzüglich der harte Stahldraht sich bewährt, so lange er unter starker Spannung ist, so unangenehm ist er zu behandeln, wenn er nicht gespannt ist. Er wirft sich dann, da er nie ganz ohne Torsion ist, in Ringe, die bei eintretendem Zuge zusammengezogen werden und scharfe Knicke, seemännisch „Kinke" genannt, bilden (s. Fig. 69). Sobald eine wirkliche Kink sich zeigt, ist die Festigkeit des Drahtes an dieser Stelle so beeinträchtigt, dass nichts übrig bleibt, als ihn zu zerschneiden und das abgeschnittene Stück entweder zu opfern oder, wenn dieses lohnt, in der sogleich anzugebenden Weise anzuspleissen. Nur ganz schwache Knickungen, die man noch mit den Fingern gerade biegen kann, können als ungefährlich gelten, eine Kink bricht schon, wenn man sie zurechtbiegen will oder doch bei der ersten starken Anspannung.

Den Draht lasse man sich von der Fabrik auf Spulen gewickelt liefern, nicht in Kränzen, deren Aufwickeln auf die Trommel der Drachenwinde sehr viel Mühe macht, weil dabei sehr leicht einzelne Ringe enger gezogen werden und andere lose springen, die dann von den ersteren beim Abwickeln nicht vorbei gelassen werden. Die seit 1900 bei Felten & Guilleaume, Mülheim a. Rh., bezogenen Drahtspulen aus

*) Der seit 1900 von Felten & Guilleaume, Carlswerk, A.-G., Mülheim am Rhein, bezogene Draht wird von dieser Fabrik als verzinkter Patent-Gussstahl-Klaviersaitendraht bezeichnet.

Digitized by Google

Holz mit engem Mittelloch brauchten dagegen nur auf einem horizontalen Eisenstab als Axe gegenüber der Trommel in der Fensteröffnung der Drehbude eingespannt zu werden, um das Aufwinden des Drahtes auf die Windentrommel ohne Anstoss geschehen zu lassen, wenn ein Mann diese drehte und ein anderer die nothwendige Spannung im Draht durch Bremsen der Holzspule mittels eines dagegen gedrückten Holzstücks oder sonst wie erzeugte.

Den in Rede stehenden Musikdraht kann man jetzt je nach der Dicke, in Längen von 1500 bis 5000 m erhalten — je dünner, um so länger —, so dass nur wenige Splissungen zur Herstellung einer beliebig langen Drachenleine erforderlich sind. Immerhin bleibt die Verbindung der Drahtstücke unter einander, sowie mit Schnüren zur Herstellung der Drachenleine eine der wichtigsten Fragen der Drachentechnik, die grosse Sorgfalt erheischt. Denn auf der einen Seite sind, wie auch bei Schnüren, ziemlich scharfe Biegungen das geeignetste Mittel, um das Herausgleiten der Drähte aus der Verbindung zu verhüten,*) andererseits verringern eben diese scharfen Biegungen die Festigkeit des Drahtes so sehr, dass sie an Stellen, wo die volle Spannung des übrigen Drahtes auf sie wirkt, eine wenn auch noch so grosse Festigkeit des übrigen Drahtes illusorisch machen, da sie die Bruchstellen abgeben.

Die zur Zeit gebräuchlichen Verbindungsweisen sind die folgenden:

A) *Verbindung zwischen Draht und Schnur.* Bei Tieflothungen geschieht zur Zeit die Verbindung des Drahtes mit dem etwa 20 m langen Schnur-Vorläufer, der zur Vermeidung von Kinkenbildung beim Auftreffen des Lothes auf den Grund an den Draht geschaltet ist, in der Weise, dass der Draht auf eine Länge von ca. 2 m in die Schnur eingesplisst ist mit Takelingen von Pechdraht in je $^1/_3$ m Abstand.

Für Drachen würde diese Methode unzweckmässig sein, da die äussersten 40—60 m Drahts, die vor dem Auflassen auf dem Boden liegen — bisweilen stundenlang — am häufigsten kleine Beschädigungen erleiden, deshalb leicht entfernbar sein müssen, das Einsplissen aber eine mühsame und zeitraubende Arbeit ist, da es sehr sorgfältig geschehen muss. Ausserdem hat die Methode — auch für Tieflothungen — den grossen Nachtheil, dass das in die Schnur eingesplisste Drahtstück unkontrolirbar und in der nassen Schnur dem Rosten ausgesetzt ist. Ein so langer Schnur-Vorläufer ist zudem bei Drachen unvortheilhaft, einerseits weil er den gerade im obersten Theil der Leine besonders schädlichen Druck des Windes auf die Leine steigert, andererseits weil er beim Landen mittels einer Rolle in kritischen Augenblicken im Wege ist.

Bei Drachen ist es jetzt im allgemeinen üblich, den Draht etwa 30 cm von seinem freien Ende um eine Kausch (englisch „eyelet") herumzulegen und dann in der auf Fig. 70 angegebenen, weiter unten beschriebenen Weise mit dem Rest zusammenzuspleissen. Wird eine ringförmige Kausch benutzt, so wird der Draht zweimal um sie herumgelegt; bei einer herzförmigen kann dieses nur einmal geschehen. Am 1. September 1900 brach in Hamburg, als der Drache sich 1490 m hoch befand, in einem starken Windstoss diese Splissung an der Kausch, worauf der Drache mit der Kausch, aber ohne allen Draht, 3.5 km weit fortflog. Zunächst nahm ich an, dieser Bruch sei dadurch veranlasst, dass ich abweichend von der gewöhnlichen Vorschrift, nicht für nöthig erachtet hatte, die Splissung zu löthen. Dieses wurde von nun an sorgfältig gethan, aber am 8. November wiederholte sich der Vorgang trotzdem in genau derselben Weise. Beim Erneuern des Drahtendes zeigte sich, (was ich bis dahin nicht beachtet hatte), dass der betr. Arbeiter das Zusammendrehen des Drahtes bis allzu nahe an die Kausch fortgesetzt hatte, wodurch die beiden Drähte an der Stelle der Trennung unter einem Winkel von mehr als 60° auseinander gingen; hierin lag voraussichtlich die Ursache ihres Reissens. Denn eine Reihe von Zerreissversuchen haben mir gezeigt, dass Splissungen, in denen der Draht so stark wie in diesen gewunden ist, auch ohne Löthung, weder rutschen noch im gewundenen Theile brechen, sondern die Bruchstelle stets beim Eintritt des Drahts in die Splissung, bei dessen erster Knickung bezw. Richtungs-Aenderung liegt. Das lästige Löthen ist also überflüssig. Aus dem Satze vom Seilpolygon folgt aber, dass bei einer Verzweigung, die um mehr als 60° auseinander geht, die Spannung in jedem der Zweige noch grösser ist, als im Stamm und nicht etwa, wie man denken könnte, halb so gross. Eine so breite Gabelung muss also durchaus vermieden werden. Wendet man herzförmige Kauschen an, so ist ein so scharfes Herandrehen der Splissung nicht möglich und dadurch die Gefahr verringert. Auf dem Blue Hill wird ihr, nachdem dort ebensolche Unfälle, wie die oben vom 1. September

*) Durch diese Biegungen wird die nöthige Reibung erzielt, und zwar um so mehr, je stärker die Spannung ist; ein anderes, meist minder geeignetes Mittel dafür ist die Zusammenspannung des Drahtes mittels Schrauben oder sonstiger Klemmen.

Digitized by Google

und 8. November 1900 erwähnten, erfolgt waren, neuerdings durch Verstärkung des gefährdeten Theiles begegnet, wie mir Herr Fergusson mittheilte. Das Ende des Drahtes wird auf ca. 1 m Länge umgelegt und mit dem dahinter liegenden zusammengedreht. Sodann wird das so entstandene Drahtseil ebenso um eine runde Kausch geschlungen und versplisst, wie sonst mit dem einfachen Drahtende geschieht. Der Draht ist also in der Gabelung doppelt und ein Bruch an dieser Stelle nicht mehr zu befürchten. Die Gefahr liegt nunmehr, wie wir weiter unten sehen werden, beim Austritt des Drahtes aus der Splissung. Am zweckmässigsten ist es, durch eine anders gestaltete Kausche gleichzeitig diese Gefahren zu vermeiden und das Befestigen des Drahtes zu einer so einfachen und schnellen Operation zu machen, dass man unbedenklich das Ende des Drahts wegschneidet, und die Kausch versetzt, sobald man an dessen Zuverlässigkeit irgendwelche Zweifel hat. Eine solche ist die „Schlangenkausch", die ich im März 1901 zuerst in mehreren Formen aus hartem Holz und dann in zahlreichen Exemplaren in der auf Fig. 71 in natürlicher Grösse dargestellten Form aus Magnalium und Messing habe herstellen lassen. Die Kausch ist durch Lösung der drei Schrauben zerlegbar, damit der richtige Verlauf der Kurve, welche der Draht darin zu bilden hat, kontrolirt werden kann. Sie besteht aus zwei Magnaliumplatten, zwischen denen durch Niete und Schrauben drei Messingbleche von 1.5 mm Dicke festgeklemmt sind. Der Rand derselben trägt eine Hohlkehle zur Aufnahme des bei *D* eintretenden Drahtes, der bei *a* und *b* zwischen diesen Messingstücken passirt und bei *c* auf die Aussenseite der Kausch übertritt. Hier wird er, da seine Spannung fast völlig aufgenommen ist, einfach um die Kausch herumgeführt, in die Kerbe *d* eingelegt und zuletzt durch seine eigene Windung in der Nähe von *c* durchgesteckt und umgeknickt. Dies ist in einer Minute geschehen und genügt, den Draht in Zügen, die bis zu seinem Zerreissen steigen, festzuhalten. Da bei den ersten Exemplaren, bei denen die erste auf den Eintritt folgende Kurve nur 45 mm Radius hatte, in etwa $^1/_3$ der Zerreissversuche der Draht an der Stelle der ersten Berührung mit dem Messing zerrissen ist — in den übrigen $^2/_3$ an irgend einer Stelle ausserhalb der Kausch, nie im Innern derselben —, so ist bei den neueren Exemplaren der Krümmungsradius an dieser Stelle grösser genommen; zu 75 mm beim ersten Messingstück, beim zweiten von 55 mm herabgehend auf 15 mm, und auf 10 mm beim dritten Stück, durch dessen Loch die Schnur geht, die mit dem Draht verbunden werden soll. Fig. 71 zeigt die Kausch in natürlicher Grösse; die eine Magnaliumplatte ist abgenommen, um die (schattirt gezeichneten) Messingführungen zu zeigen.

Diese „Schlangenkausch", die sich bei Drachenaufstiegen in vielfachem Gebrauch durchaus bewährt hat, kann auch in der Tiefseeforschung mit Vortheil benutzt werden, da sie gestattet, den Draht bis ans Ende stets bequem unter Kontrole zu halten und vor Rost zu schützen, bezw. ein zweifelhaftes Endstück zu entfernen, und in wenigen Minuten ein neues Ende mit Vorläufer fertig zum Versenken zu haben, wobei nur das Zählwerk wieder auf Null eingestellt werden muss.

Schlangenkauschen dieser Art können von den Mechanikern C. Seemann, Hamburg, Karolinenstr. 10, und G. Ehrhorn, Altona, Schulterblatt 51, (Preis 3 ℳ das Stück) bezogen werden.

Ueber die Verbindung des Hauptdrahts mit Zweigleinen vergl. man was über „Verbindung der Drachen zu Gespannen" im Abschnitt 7 gesagt ist.

B) *Verbindungen von Draht mit Draht.* Diese Verbindungen können zwar auch durch Einstecken beider Drahtenden in eine Schraubenklemme hergestellt werden; da man aber in der Regel eine biegsame Verbindung von geringem Volum und Gewicht wünscht, so wendet man hierzu stets eine innige Umeinanderwindung beider Drähte an. Eine solche Verbindung nennt man eine Drahtsplissung, obwohl sie von den Splissungen in Tauwerk, bei denen beide Enden aufgedreht und die einzelnen Duchten verflochten werden, ziemlich verschieden ist; Drahtseile lassen sich freilich wie Tauwerk splissen.

Die erste für Tiefseeforschung von Sixby angegebene Drahtsplissung, Fig. 72A, bestand aus einer einzigen gleichmässigen Umeinanderwindung *bb* beider Drähte und je einer langen Wickelung eines der Drähte um den geraden andern an beiden Enden der Splissung, unter Verlöthung des Ganzen. Besser ist die in Fig. 72B angegebene Verlängerung des Theiles *bb* zum Haupttheile und Reduktion der Theile *ab*, *ab*, auf 2 – 3 Umdrehungen. Diese Splissung wird im Washingtoner System, nach Marvins Anweisung, nur 6—7 cm lang gemacht und dabei ziemlich „krapp", mit etwa 4 ganzen Drehungen per Zoll, geschlagen, mittels besonders hergerichteter Feilkloben; auf dem Blue Hill wird sie viel länger gemacht und in loseren Schlägen, mit den Fingern, gedreht; in der englischen Marine $1^1/_2$ m lang, mit nur 1 Drehung per Zoll. In allen dreien aber werden sie ausserdem verlöthet. Dieses Löthen ist, da es im Freien auf dem Arbeitsplatz ge-

Digitized by Google

schehen muss und grosse Sorgfalt erfordert, damit nicht durch übermässige Erhitzung*) oder durch einen Rest des sauren Löthwassers die Festigkeit des Drahtes herabgesetzt werde. Am vortheilhaftesten habe ich es, so lange hier das Löthen der Splissungen stattfand, gefunden, das Zinn in einem eisernen Löffel bezw. Becken über einer Kochlampe zum Schmelzen zu bringen und dann möglichst lange Stücke der Splissung zuerst durch kurzes Eintauchen in das Zinn anzuwärmen, hierauf mit der Löthmasse „Blitz" zu bestreichen, dann zum zweiten Male einzutauchen, wobei das Zinn diesmal haftet, ebenso mit dem Rest der Splissung zu verfahren und schliesslich den Rest des Löthmittels mit Wasser abzuwaschen.

Eine beträchtliche Reihe von Zerreissversuchen hat mir gezeigt, dass die Gefahr nicht an den Stellen sich findet, wo sie gewöhnlich angenommen wird. Bei allen diesen Versuchen waren die Enden des Drahtes in die oben beschriebenen Schlangenkauschen geflochten, durch die je eine starke Schnur gezogen war, und befanden sich ausser der Splissung noch 30—100 cm Draht zwischen den Kauschen. Zunächst haben 20 Versuche mit einer 20—24 cm langen Splissung, die nach Marvin's Vorschrift gemacht war, gezeigt, dass weder ein Gleiten, noch ein Bruch innerhalb dieser Splissung vorkommt, sondern der Bruch stets an einem der Enden der Splissung, beim Eintritt des Drahts in dieselbe, erfolgt. Weder eine Verlöthung, noch eine Verlängerung dieser Splissung haben also Zweck, da die gefährliche Stelle ausserhalb der Splissung an dem Punkte liegt, wo der Draht noch die ganze Spannung allein zu tragen hat und die erste Biegung bei der Berührung mit dem anderen erfährt, selbst wenn diese Biegung scheinbar äusserst gering ist. Dagegen muss die Aufgabe sein, diese Biegung so allmählich eintreten zu lassen, dass sie nur in dem Maasse erfolgt, als die Spannung durch den Nachbardraht mit übernommen wird. Dies wird erreicht, wenn in den äusseren Theilen der Splissung jeder der Schläge etwa 3 cm lang ist und beim Legen derselben gesorgt wird, dass bei den letzten Schlägen der austretende Draht beim Legen nahezu gerade bleibe und der kurze nur um ihn herumgelegt werde. Um vor einem Gleiten (Schlieren) der Drähte in der Splissung sicher zu sein, bedarf es keiner Verlöthung, wenn die Splissung entweder etwa 2 m lang wird oder im mittleren Theil derselben auf einer Strecke von 10 bis 20 cm die Schläge kürzer, höchstens 1 cm lang, genommen werden. Im letzteren Falle brauchen die äusseren, lose geschlungenen Theile der Splissung nur je 40 cm, die ganze Splissung also nicht mehr als 1 m Länge zu haben.

In 14 Zerreissversuchen mit solchen Splissungen am 10. Oktober 1901 erfolgte 8mal der Bruch irgendwo im Draht ausserhalb der Splissung, 3mal am Eingang einer der Kauschen**) und nur in 3 Fällen dort, wo bei den krapp geschlagenen stets die Bruchstelle lag, nämlich an einem der beiden Ausgänge aus der Splissung. In den Fällen, wo das Versuchsstück Splissungen beider Art enthielt, ist stets die krapp geschlagene zuerst gerissen. Das Resultat geht also dahin, dass die bis dahin von mir benutzten Splissungen mit kurzen Schlägen und ca. 20 cm Länge an den Austrittstellen der beiden Drähte ausgesprochen geschwächte Punkte bieten, während bei der soeben beschriebenen neueren Splissungsweise eine solche Schwächung in nicht höherem Grade vorhanden ist, als in den Schlangenkauschen, d. h. die Bruchstelle selbst bei sehr kurzen Drahtstücken gewöhnlich irgendwo ausserhalb im unberührten Draht liegt. Fig. 72B und C zeigen diese beiden Splissungsarten. Zur Herstellung der kurzen Schläge bedient man sich am besten eines Feilklobens, dessen Backen zur Schonung des Drahtes mit Kupferplatten ausgekleidet sind. In diesen Platten befinden sich zur Aufnahme der Drähte zwei nach dem Ausgang des Feilklobens in einen Punkt konvergirende Rinnen, die nach Marvin's Rath etwa unter 52° auseinander gehen. Hält man die zwei Drähte mit einer Zange fest, und dreht diesen Feilkloben, so gleiten die Drähte durch die Rinnen und es gelingt leicht, sie gleichmässig und in der gewünschten Steilheit umeinander zu winden. Ein Festhalten der Mitte der Splissung mit einer Zange ohne Kupferauskleidung ist dabei unbedenklich, da hier auf jedem der Drähte nur die halbe Spannung ruht und ein Bruch des Drahtes weit im Innern der Splissung, so weit meine Erfahrung reicht, nie erfolgt. Den Draht dort, wo er allein die Spannung auszuhalten hat, mit einer solchen Zange anzufassen, ist dagegen entschieden nicht rathsam, denn die kleinen Eindrücke, die die Zähne der Zange hinterlassen, sind geeignet, den Draht bedeutend zu schwächen. Die Verwendung der beim Telephon gebräuchlichen Arlt'schen Drahtbünde, die für elektrische Leitungen sehr vortheilhaft sind, bieten dort, wo es nur auf Zugfestigkeit ankommt, keine Vortheile, wie aus den Zerreissversuchen hervorgeht.

*) Geglühter Stahldraht hat nur die halbe Festigkeit von hartem oder noch weniger; nach Prof. Rudeloff's Versuchen 53% bis 39%, s. Techn. Versuchsanstalten, 1900, III.

**) Die bei diesen Versuchen dienenden Schlangenkauschen hatten 45 mm anfänglichen Krümmungsradius, nicht 75 mm wie die jetzt hergestellten.

Digitized by Google

Als Abschluss der Splissung, um eine Loswindung derselben zu vermeiden, wird das freie Drahtende rechtwinklig abgebogen, zwei- oder dreimal um das andere herumgebogen und kurz abgeschnitten; damit dieses scharfe Ende nicht beim Aufwickeln auf die Trommel des Haspels die Nachbardrähte beschädige, oder die Hand beim Leiten oder Oelen verletze, kann man darüber ein „Kleidchen“ von gewichstem Zwirn bezw. „Pechdraht“ setzen.

Ausser Splissungen können auch andere Arten von Verbindungen zwischen Draht und Draht angewendet werden. So empfiehlt Marvin, an denjenigen Stellen der Drachenleine, wo man Nebendrachen anzuknüpfen beabsichtigt, zwei Drahtenden um dieselbe kleine Kausch herumzuschlingen und zwar jedes nur einmal, nicht zweimal, wie er es für die Endkausch empfiehlt. Es wird so eine Art Scharnier im Draht gebildet (siehe Fig. 70), das der Leine gestattet, einen beliebigen Winkel ohne jegliche gefährliche Biegung des Drahtes zu bilden. Die vom Weather Bureau verwendeten Kauschen haben nur 8 mm Durchmesser und ca. 2 mm Dicke. Immerhin kann man Bedenken haben, den Draht ohne weiteres über sie hinweg auf die Trommel zu wickeln. Allein dies ist, wenn man sie nur in Entfernungen von 300—500 m vom oberen Ende der Leine anwenden will, auch garnicht nöthig, weil sie an den Rand der Trommel gelegt und dieser beim Aufwinden des Restes vermieden werden kann. An solchen Stellen ist denn auch deren Anbringung, wenn die Auslauf-Vorrichtung es zulässt, recht bequem und empfehlenswerth, nur sind nach dem oben gesagten längere Splissungen, als Fig. 70 sie zeigt, rathsam.

Für manche Zwecke ist es (s. unten, „kombinirbare Leine“,) von grossem Vortheil, einzelne Stücke des Drahtes von einander zu trennen und mit einem auf einer anderen Trommel oder Trommelhälfte sitzenden Draht verbinden zu können. Hierzu ist an den Enden der beiden Drahtstücke je eine Kausch — am vortheilhaftesten eine Schlangenkausch — anzubringen. Die beiden Kauschen kann man entweder durch ein Stück Schnur verbinden — was aber bei Hochaufstiegen die Gefahr der Bildung eines Funkens an dieser Stelle mit sich bringt — oder besser, man macht die Verbindung metallisch, wozu die auf dem äronaut. Observatorium zu Berlin-Tegel benutzten doppelten „Teufelsklauen“ sehr bequem sind. Auch ein S-förmiges Drahtstück, dessen umgebogene Enden, nach deren Durchstecken durch die zwei zu verbindenden Kauschen, mittels einer Schnur zusammengebunden werden, leistet gute Dienste.

d) ***Der Haspel*** (das Spill, die Wintsch oder die Winde*), engl. windlass oder reel, franz. treuil). Eine Trommel, auf die die Leine aufgewunden wird, und die mit den nöthigen Vorkehrungen zum Drehen und Bremsen versehen ist, gehört zu dem unbedingt nothwendigen Zubehör der Versuche, namentlich sobald man Draht als Leine verwendet. Sie muss sehr stark gebaut sein, um durch die Summirung der Drucke der vielen Drahtwindungen nicht zerdrückt zu werden. Bei der grossen mit Dampf betriebenen Drachenwinde auf dem Blue Hill und auch auf dem Berliner äronautischen Observatorium ist ebenso, wie bei manchen Tiefloth-Maschinen, der Druck auf mehrere Trommeln vertheilt, deren erstes Paar, um das der Draht nur vier- bis sechsmal herumgeht, nur den wechselnden Zug der Drachen aufzunehmen hat; von diesem geht der Draht mit geringerer Spannung auf die eigentliche Magazin-Rolle über.

Beim Beginn der Versuche hat sich die Seewarte in der Maschinenfabrik Hütter jun. in Wandsbek einen auf einer Karre montirten transportablen Haspel herstellen lassen, der nach Fig. 13—15 und S. 51—53 der Beobachtungen vom Blue Hill aus d. J. 1896 (Annals of Astr. Obs. of Harvard XLII, Pt. 1) gebaut wurde, nur mit der Aenderung, dass die Trommel aus Gusseisen sowie 25 cm im Durchmesser und 25 cm lang ist, statt aus Holz und 18 cm dick, 30 cm lang. Sie hätte besser noch grösseren Durchmesser erhalten sollen.

Diese Karre musste im Jahre 1898 und bis zur Mitte 1899 vor jedem Versuch aus dem zu ihrer Aufbewahrung dienenden Schuppen an eine passende Stelle der Wiese gerollt werden, wo die Aufstiege stattfanden; bei dem beträchtlichen Gewicht der Karre eine etwas umständliche Operation. Nachdem aber im Juni 1899 die erforderlichen Geldmittel für die erweiterten Versuche bewilligt waren, wurde eine drehbare Bude von 2.12 m Breite, 2.12 m Tiefe und 2.36 m Höhe auf dem inzwischen der Seewarte überwiesenen Platze an der Schlankreye erbaut, die den Haspel und die ihn bedienenden Personen aufnimmt. Fig. 73 stellt sie im Grundriss dar. Auf einer kreisförmigen Schiene s, die auf drei gemauerten Pfeilern ruht, laufen die drei Räder rrr, die die Bude tragen. Weitere Sicherung, namentlich gegen Umwerfen, liefert ihr ein ebenfalls eingemauerter eiserner Bolzen b in der Mitte. Die ganze vordere Wand besteht aus einer

*) Obwohl ich im Betriebe selbst bisher den Ausdruck „die Winde“ gebraucht habe, glaube ich ihn vermeiden zu sollen, da er durch seinen Gleichlaut mit „der Wind“ Unklarheiten, wenigstens bei Ausländern, hervorrufen kann.

Digitized by Google

Doppelthüre *tt*, in der hinteren ist eine Klappe eingelassen, die bei Hitze geöffnet wird. Ausserhalb der Versuche wird die Bude gegen unbefugtes Drehen durch einen in den Boden eingestossenen Eisenstab von innen fest gestellt. Eine Ecke ist als Schrank hergerichtet zur Aufbewahrung von Instrumenten und Werkzeug, namentlich finden das Anemometer und die zugehörigen elektrischen Elemente darin Unterkunft; das Anemometer (Recknagel-Modell, von Zschau angefertigt) wird vor Beginn der Versuche auf einen im Giebel der Bude befindlichen eisernen Bolzen gesteckt und giebt nach je 500 Umdrehungen elektrische Klingelzeichen, aus deren Intervall zu ersehen ist, ob und welche Drachen steigen können. Eine bequemere Einrichtung konnte vorläufig theils aus Mangel an Mitteln, theils wegen des mangelnden Schutzes gegen Unfugstifter nicht getroffen werden.

In dieser Drehbude hat der Haspel seine feste Aufstellung gefunden, es konnten daher die Räder abgenommen werden und dieses Ende bis zur Höhe des anderen gehoben werden. Mit dem Wachsen der benutzten Drachenfläche musste, da es bis jetzt beim Handbetrieb geblieben ist, eine Kurbel verlängert werden, um den Zug bewältigen zu können. Dies geschah in der Weise, dass sie zwei vierkantige Löcher in Abständen von 19 (22) und 33 (37) cm von der Trommelachse erhielt, und der Griff nach Bedarf in einem derselben mit starker Schraubenmutter festgesetzt wird. Die zweite Kurbel ist 22 (34) cm lang. (In Klammern sind die entsprechenden Werthe am Haspel von 1902 (S. 76) beigefügt.)

Vor der Trommel bewegt sich ihr entlang auf zwei starken Leitstangen ein Schlitten, der das Zählwerk und die vertikal stehende, nach allen Azimuten drehbare Leitrolle trägt, über welche der Draht zum Drachen geht. Diese Rolle ist werthvoll, so lange der Drache in der unteren Schicht steht, weil dann sein Azimut schnell wechseln kann. Stehen die Drachen über 500 m hoch, so ist sie allenfalls zu entbehren, da man den langsamen Aenderungen im Azimut der Drachen, die dann noch vorkommen, durch Drehung der ganzen Bude folgen kann.

In dieser Gestalt ist der Haspel bis zum Ende 1899 benutzt worden. Schwierigkeiten ergaben sich nur, wenn der Zug der Drachen 30 kg überstieg; sie bestanden einerseits darin, dass die Kraft der Bremse nicht ausreichte, andererseits darin, dass der zuletzt erwähnte Schlitten sich auf seinen zwei Leitstangen festklemmte, und seine Verschiebung entlang der Trommel zeitweise sehr schwer war.

Anfang 1900 ist der Haspel in die auf Fig. VIII, Tafel 4, dargestellte Form umgebaut worden. Die unnöthig lange Trommel wurde dabei in zwei Hälften getheilt, deren eine auf die Kurbelachse aufgekeilt ist, während die andere mit hohler Nabe auf dieser Achse drehbar ist. Beide Trommeln können entweder getrennt bewegt werden, und zwar die erstere mit zwei Kurbeln, die letztere nur mit einer Kurbel an ihrer Aussenseite; oder vereinigt, wenn man sie mittels eines durchgesteckten Stabes verkoppelt. Im ersteren Falle können sie in entgegengesetzter Richtung gedreht werden. Diese Einrichtung wurde deshalb getroffen, um einerseits je nach Wahl die eine oder die andere der Trommeln zum Aufstieg zu benutzen, andererseits aber auch eventuell das auf S. 25 geschilderte Einholen eines Drachens mittels eines im Aufstieg begriffenen zweiten durchzuführen, das gestatten würde, den Handbetrieb recht intensiv und doch unter Schonung der Menschenkraft auszuüben. Der Versuch einer solchen neuen Betriebsweise ist zwar bis zur Verlegung der Drachenstation ausserhalb des städtischen Verkehrs verschoben worden, um nicht die Möglichkeit neuer Gefahren durch allfällige Kreuzung der beiden Drähte in der Luft heraufzubeschwören; die Theilung der Trommel in zwei Hälften hat sich aber auch in anderer Beziehung vortheilhaft erwiesen, und ist auch bei den weiter unten beschriebenen neuen Haspeln durchgeführt worden. Für die eine Hälfte der Trommel dient die alte Blockbremse, für die andere eine neue kräftige Bandbremse, die durch eine, vorn links in der Figur sichtbare, Schraube sehr genau und bequem regulirt werden kann.

Das oberhalb der Maschine sichtbare Azimut- oder Abgangsrad des Drahtes ist später nach dem Muster des Berliner Aeronautischen Observatoriums gegen Abspringen des Drahtes gesichert worden durch die in Fig. 74 im Radialschnitt dargestellte Einrichtung; *r* ist das Rad, *ss* zwei dasselbe auf ca. $^1/_3$ seines Umfangs begleitende feste Schienen, deren Abstand von den Rändern des Rades kleiner ist, als der Durchmesser des Drahtes; letzterer kann deshalb, auch wenn er ganz ausser Spannung kommt, nicht vom Rade abspringen und auch, da die Schienen an ihren Enden verbunden sind, nicht aus dem Schlitz zwischen ihnen herausspringen.

Im Herbst 1900 erhielt die Seewarte durch das Entgegenkommen des Washingtoner Weather-Bureaus eine „hand kite reel", wie solche auf den Drachenstationen desselben eingeführt waren. Seitdem ist hier dieser amerikanische Haspel in der Drehbude aufgestellt und in Benutzung geblieben. Abbildungen dieses

Digitized by Google

Haspels in seiner Originalform findet man sowohl in Marvin's mehrerwähnten „Instructions for aerial observers“ (Weather Bureau, Circular K), als in der schönen Veröffentlichung des Maryland Weather Service; an dieser Stelle begnüge ich mich, in Fig. IX, Taf. 4, eine etwas verbesserte Form desselben vorzuführen.

Als nämlich im Frühling 1901 dem Verfasser dieses Berichts die Drachen-Ausrüstung der Deutschen Südpolar-Expedition übertragen wurde und bestimmt wurde, dass der Betrieb mit Menschenkraft erfolgen solle, hat er bei der Eimsbütteler Maschinenfabrik, vorm. Friedr. Filler, einen Haspel nach dem Modell desjenigen von Washington, jedoch mit einigen Abänderungen, in Auftrag gegeben. Die Abänderungen bestehen vor allem darin: 1) dass der Umfang der Trommel von 1.5 auf 1.2 m verkleinert ist, und diese in zwei Hälften getheilt ist, auf die man Draht von zweierlei Stärke aufwickeln kann, und dass 2) der den Haspel tragende Drehtisch mittels einer Flügelschraube in jeder Lage festgestellt werden kann, damit er beim Einhieven nicht sich locker arbeitet und dann zur Seite gedreht wird, was Gefahr für den Draht bringt. Minder wichtige Aenderungen sind: 3) zwei mit Filz belegte Platten werden durch Federn leicht an die Trommeln gedrückt und verhindern den Draht, wenn er ausser Spannung kommt, von der Trommel abzuspringen, was er infolge seiner Elastizität zu thun pflegt; durch zwei Flügelschrauben werden diese Federn regulirt; 4) die Länge der einen Kurbel kann nach Bequemlichkeit verringert werden; 5) der Druck des Bremshebels kann durch ein Gewicht regulirt werden, mit dem man ebenso, wie mit der Bremsschraube auf der vorhergehenden Figur, bei gutem Winde längere Zeit den Drachen mit derselben Reibung auslaufen lassen kann, ohne die Bremse zu berühren; zugleich giebt seine Stellung einen Anhalt zur Beurtheilung der jeweiligen Spannung im Draht; soll der Druck der Bremse ganz wegfallen, so werden Gewicht und Bremshebel auf den Kastenrand gehakt. Endlich ist 6) auf der Rückseite eine Vorrichtung angebracht, um die Dicke der Drahtlage zu messen und danach die Angaben des Zählwerks zu korrigiren. Die übrigen Theile sind genau jenen des Washingtoner Haspels nachgebildet. Der auf dem Draht ruhende Bügel aus leichtem Aluminiumrohr spielt auf einem Gradbogen so, dass er den Winkel angiebt, den der Draht beim Verlassen der Trommel mit dem Horizont bildet. Dieser Gradbogen wird durch ein Gewicht in bestimmter Lage zur Lothrichtung gehalten. Bügel, Gradbogen und Zählwerk sitzen auf der Achse der Trommel lose auf und können leicht abgenommen werden.

Im Frühjahr 1902 habe ich, auf Ersuchen von aussen, wiederum mehrere Drachenhaspel bauen lassen, denen ich die durch das Lichtdruckbild Fig. IX und die Arbeitszeichnungen Fig. 75 u. 76 dargestellte Form gab. Der Aluminiumbügel und der Gradbogen zur Messung des Abgangswinkels des Drahtes sind in Wegfall gekommen, weil diese Messung passender mit demselben Pendelquadranten geschieht, mit dem die Winkelhöhe des Drachens bestimmt wird. Von den eben angeführten Aenderungen an der amerikanischen Winde ist die Verkleinerung des Trommelumfangs auf 1.2 m, die Feststellung des Drehtisches mit Flügelschraube (*f* der Figuren) und die Aenderung der Kurbeln beibehalten, die besondere Vorrichtung zur Messung der Dicke der Drahtschicht fortgelassen. Der Druck des Bremshebels *bh* wird durch die Schraube *s* oder mit der Hand regulirt; die Filzkissen *kk*, die sich beim Gebrauch als vortheilhaft erwiesen haben, werden nicht mehr durch Federn, sondern durch das Gewicht der Hebel *g* an die Trommel gedrückt, die mit dem Bremshebel auf derselben Achse a_2 sitzen. Die beiden durch eine Rippe getrennten Hälften der Trommel sind von ungleicher Breite, 5.5 und 10.5 cm im Lichten; die schmale Hälfte ist für 2—3 km dünnen (0.7 mm) Drahtes bestimmt, die breite für etwa 6 km dickeren Drahtes, der oben mit ca. 2 km von 0.8 mm Dicke beginnt, nach innen auf 0.9 und event. 1.0 mm Dicke übergeht. Die beiden Hälften sind aber nicht getrennt zu bewegen, sondern bilden ein einziges mit Federkeil auf der Achse a_1 aufsitzendes Gussstück. Die Lager, in denen diese Achse sitzt, können aufgeklappt und die Trommel herausgehoben werden. In der mittleren Rippe *r* der Trommel befindet sich ein Einschnitt zur Aufnahme einer Schlangenkausch am inneren Ende des dünneren Drahtes; die Kausch wird durch ein Holzstück und durch einen eisernen Bügel festgeklemmt, welcher auf die Rippe geschraubt wird und deren Lücke schliesst. Diese Vorrichtung dient zum Arbeiten mit kombinirbarer Leine, siehe Abschnitt 7.

Das Zählwerk greift beim Aufsetzen auf die Achse mit seinem äusseren Zahnrad in eine Schnecke ein, die auf der Achse festsitzt; durch einen Stift, der in eine, an der Innenwand des Kastens befindliche Feder einspringt, wird das Zählwerk verhindert, den Drehungen der Achse zu folgen. Der Draht *ee* dient zur Ableitung der atmosphärischen Elektrizität, durch Vermittelung der Kreisschiene auf welcher der Tisch ruht. Die Feder *d* bildet mit dem Haken *h* und dem auf einem Gradbogen spielenden Aluminiumzeiger *i* das einfache Dynamometer zur Messung der Spannung im Draht, das bei jeder Pause im Einholen oder Auslassen

Digitized by Google

in Thätigkeit kommt; einer Messung während des Einholens selbst, die bei Verwendung eines Motors wohl räthlich ist, bedarf es bei Handbetrieb nicht. Mittels der angeschraubten Handhabe *h* und einer ebensolchen auf der Rückseite werden Tisch und Kasten in das passende Azimut gedreht.

Der Umstand, dass in diesem bezw. dem Washingtoner Modell der Draht der Leine direkt von der Trommel zum Drachen abgeht, ohne eine vorgelegte Rolle zu passiren, macht beim Einhieven die Beihülfe einer dritten Person, neben den beiden die Kurbeln drehenden, zum Leiten und Vertheilen des Drahtes nothwendig. Dies wird in der Regel zwar nur lästig, und nicht ein wirklicher Uebelstand sein, da ein den Aufstieg Leitender in der Regel doch dabei sein wird und diese Aufgabe übernehmen kann. Doch wird seine Aufmerksamkeit dabei von anderen wichtigen Dingen abgelenkt, insbesondere von den nöthigen Beobachtungen und Notirungen. Andererseits gestaltet sich dadurch manches viel einfacher.

Wo ein dauernder Drachenbetrieb für meteorologische Zwecke eingerichtet wird, muss man suchen, so bald als möglich einen Motor an Stelle der Menschenkraft zu setzen. Drachenhaspeln mit Motorbetrieb giebt es, so viel mir bekannt, zur Zeit nur auf dem Blue Hill, in Washington, in Trappes und in Berlin-Tegel. Von diesen sind die beiden ersteren mit Dampf, die beiden letzteren mit Elektrizität getrieben. Ausser in demjenigen in Trappes, der einfacher gebaut ist, geschieht in ihnen der ganze Betrieb automatisch, indem der Draht über eine Reihe von Rädern geleitet ist, die auf den Antrieb der Maschine auch die Vertheilung des Drahtes über die Trommel und die beständige Aufzeichnung der Spannung im Drahte, in Berlin auch die seines Abgangswinkels, besorgen. Dadurch werden freilich diese Winden sehr komplizirt und sehr theuer. Eine Beschreibung und Abbildung der Winde des Observatoriums zu Berlin-Tegel wird in kürzester Zeit von diesem herausgegeben werden. Diejenige vom Blue Hill ist wiederholt dargestellt worden, z. B. im Quarterly Journal R. Met. Soc., 1898, S. 253; am eingehendsten im Blue Hill-Bulletin No. 3, 1899. An dieser Stelle führen wir als Beispiel die in Washington angewandte Maschinerie in Fig. X, Taf. 4 vor, nach einer Photographie, welche die Seewarte der Gefälligkeit des Weather Bureaus verdankt. Links sieht man die Tanks für das Heizmaterial (Petroleum) und das Wasser, in der Mitte die Dampfmaschine, rechts den Haspel, an und in dessen Kasten man, wenn auch nur undeutlich, die Vorrichtungen zum beständigen Aufschreiben der Drahtspannung (die weisse Trommel) und zur automatischen Vertheilung des Drahtes auf die Magazintrommel erkennt. Wird das hochstehende Azimutrad abgenommen, so kann der Kasten durch einen Deckel geschlossen werden. Auch ist in diesem Deckel eine Oeffnung, durch die dieses Rad hindurchgeht, so dass, wenn man bei Regenwetter arbeitet, wenigstens der Rest der Maschinerie trocken bleibt.

In ähnlicher Weise werden im Washingtoner System auch die Handwinden unter freiem Himmel auf einer hölzernen Plattform aufgestellt und gegen Regen und unbefugte Hände nur durch einen Kasten nebst Deckel, letzterer mit verschliessbarem Schlitz, geschützt. Auch auf dem Blue Hill ist das Personal, während die Drachen fliegen, Wind und Wetter ausgesetzt. Demgegenüber bedeutet die Einrichtung auf dem Observatorium des Herrn Teisserenc de Bort zu Trappes eine wesentliche Erleichterung des Betriebes: die Winde ist in einer drehbaren Hütte aufgestellt, zu dessen weit offener Thür hinaus der Draht zum Drachen geht. Maschine und Personal sind auf diese Weise stets, da doch die Drachen nach Lee fliegen, vor Wind und Regen geschützt, während doch die Kontrole des Drachens und des Drahtes, sowie die Kommunikation zwischen Drachen und Haspel beim Auflassen und Landen einfach sind. Endlich auf dem äronautischen Observatorium des Preuss. Meteor. Instituts zu Berlin-Tegel ist der grosse, von einem 7-pferdigen Elektromotor getriebene Haspel in einem 25 m hohen Thurme aufgestellt, in dessen Mitte der Draht senkrecht aufwärts geht bis zur obersten Plattform, wo er in einem kunstvoll gearbeiteten Dreharme zwischen zwei führenden Rädern das Freie erreicht; durch ein Kugellager ist eine so leichte Drehung des Armes auch bei grösster Spannung des Drahtes gesichert, dass das Einstellen des Drahtes auf das Azimut des Drachens völlig dem Zuge des letzteren überlassen werden kann. Das Auflassen der Drachen geschah am Observatorium im Sommer 1901 in der Weise, dass sie von einer fahrbaren Winde aus an einem Vorläufer aus dünnem Stahlkabel steigen gelassen wurden und dieser darauf an das von der Thurmplattform ausserhalb des Thurms zur Erde herabgezogene Ende des Stahldrahts befestigt wurde.

In Hamburg ist, wie schon im 1. Abschnitt erwähnt, das System von Trappes zur Anwendung gekommen. Es hat sich befriedigend bewährt und wird voraussichtlich auch nach der im Frühjahr 1903 bevorstehenden Uebersiedelung auf einen zum regelmässigen Betriebe geeigneten Platz innegehalten werden. Die drehbare Hütte ist geräumig genug, um einen Elektromotor oder auch einen nicht zu kleinen Benzinmotor (etwa Daimler-Motor) aufzunehmen.

Digitized by Google

Als ungefährer Anhalt über den Bau einer solchen Drehbude möge noch der Längsschnitt Fig. 75 dienen. Jede Seite beträgt 2.0 bis 2.2 m, die Höhe vorn 2.9, hinten 1.8 m; die Thür *t* nimmt die ganze Vorderseite der Hütte ein; da der Haspel *h* dicht hinter der Thür stehen muss, um den Draht auch bei hochstehendem Drachen von Thürrahmen und Dach freizuhalten, so ist eine etwa 0.7 m breite Vorstufe zweckmässig, die sich mit der Hütte dreht und von allen Seiten eine bequeme Bedienung des Haspels gestattet; *ss* ist die Kreisschiene, auf der die Hütte mit drei Rädern ruht, deren eines bei *r* zu sehen ist. Geht der Draht ohne Vorlegerolle direkt von der Trommel in die Luft, so steht in der Regel bei *v* der Mann, der den Draht bei feuchtem Wetter während des Einhievens abwischt, event. auch ölt, und so weit erforderlich, über die Trommel vertheilt. Ein einfaches Holzstück, auf dessen eines Ende ein Kissen aus trockenen Lappen oder Twist, auf dessen anderes ein Oellappen gebunden ist, thut dabei gute Dienste, wenn man den Draht über beide passiren lässt und so zuerst die Wassertropfen entfernt und dann die Wasserhaut durch eine Oelhaut ersetzt. Eine Leitrolle, die womöglich auch als Landungsrolle (s. Abschnitt 7) benutzt werden kann, muss leicht und schnell auf den Draht aufgesetzt werden können, sobald ein stärkeres Leiten des Drahtes nöthig wird, als sich gut mit den Fingern thun lässt.

7. Abschnitt.

Handhabung der Drachen.

a) ***Hantierung mit den Drachen am Erdboden.*** Am Erdboden lassen sich Drachen im Winde, auch wenn sie sehr gross sind, leicht regieren und tragen, wenn man sie auf der Windseite anfasst und in der Stellung hält, in welcher sie fliegen. Ist der Wind stark und der Drache gross, so genügt es, wenn ein Mann denselben mit beiden Händen an zwei Stellen in der Nähe des Vorderrandes anfasst; der Wind hält dann den Drachen, frei vom Boden, schwebend.

Für den Aufstieg bringt man den Drachen möglichst genau leewärts vom Haspel, bei starkem Winde etwa 50 m, bei schwachem bis zu 200 oder mehr Meter ab. Der Draht muss dabei stets gut gestreckt bleiben, um die Bildung von Kinken zu vermeiden. Bis zum Aufstieg lässt man grosse Drachen am besten mit der Gesichts- oder unteren Seite auf dem Boden liegen, und richtet sie erst zum Aufstieg auf, indem man hinter den Drachen tritt. Bei frischem Winde steigt ein guter Drache auf, wenn er mit dem Schwanzende noch auf dem Boden steht; freilich gehört freie Lage des Ortes dazu, die zu einem guten Aufstieg überhaupt nothwendig ist. Bei schwachem Winde hält man den Drachen so hoch, als thunlich ist, empor und lässt erst los, wenn man den Druck des Windes auf den Drachen spürt. In jedem Falle ist aber darauf zu achten, dass der Drache im Augenblick des Aufstiegs senkrecht steht und senkrechten Auftrieb hat, da er sonst zur Seite fliegt und leicht umschlägt. Fühlt man, dass der Drache nach einer Seite neigt, so folge man mit dessen unterem Ende dieser Bewegung, um immer dieses Ende unter dem Mittelpunkt zu halten, bis der Aufstieg erfolgt. Im Augenblick des Aufstiegs kann man diesen durch einen leichten Stoss aufwärts unterstützen, ein Emporwerfen des Drachens bei zu schwachem Winde ist aber zu vermeiden, da der Drache doch zurückfällt und dabei zerbrechen kann. Darf man erwarten, dass der am Boden etwas zu schwache Wind in der Höhe von 100 oder 200 m stark genug ist, um den Drachen zu tragen, so kann man versuchen, ihn durch abwechselndes Einholen und Auslassen des Drahts am Haspel in genügenden Wind zu bringen. Der Gehülfe, der den Drachen gehalten hat, muss aber dann suchen, unter dem Drachen zu bleiben, bis dieser zum „Stehen“ gekommen ist, um ihn aufzufangen, wenn er fallen sollte. Bei Malay-Drachen ist diese Vorsicht entbehrlich, da sie sich selten beim Fallen Schaden thun; auch beim neuen „Frosch“-Modell der Seewarte ist ein Bruch dabei nicht wahrscheinlich, aber die Verbindungen geben bei solchen wiederholten Stössen nach und deshalb ist ein Auffangen desselben doch räthlich. Während man Leine aussteckt, nimmt natürlich der Winddruck auf den Drachen ab; das „Stehen“ des Drachens besteht darin, dass auch bei mässigem Ausgeben von Leine sein Höhenwinkel nicht viel abnimmt. Ist dieses erreicht, so muss man Sorge tragen, möglichst bald 100 und mehr Meter über den Boden hinauf zu kommen, damit nicht, wenn der Wind leicht ist, bei einer vorübergehenden Abnahme desselben der Drache wieder zu Boden sinkt, oder bei starkem Winde er durch einen Windstoss umgeworfen wird und herabschiesst. Denn die unterste Luftschicht ist durch die Hindernisse, die die rauhe Bodenoberfläche dem Winde darbietet, in Wirbel und Wellen geworfen, die eine Art Brandung darstellen, in der auch der stabilste Drache nicht

Digitized by Google

ruhig fliegen kann. Merkwürdiger Weise überwiegen hier bei den Malay-Drachen horizontale, bei den Hargrave-Drachen vertikale Bewegungen. Die letzteren wechseln mehr ihren Höhenwinkel, die ersteren mehr ihr Azimut, unter leichten schaukelnden oder ∞-Bewegungen.

Ist bei leichtem Winde das Emporbringen der Drachen schwierig, das Landen derselben einfach, so ist bei starkem Winde dafür das Landen das weit gefährlichere Manöver. In Prof. Marvin's „Instructions for Aerial Observers" sind folgende Anweisungen für die grossen Hargrave-Drachen des Wetter-Bureaus gegeben (S. 21):

„a) *Landen des Drachens in leichtem Winde.* Diese Operation besteht wesentlich darin, dass man dem Drachen gestattet, in die Hände eines Gehülfen zu fallen, der unter ihm steht; sie kann nur angewendet werden, wenn der Wind zu schwach ist, um das ganze Gewicht des Drachens zu tragen. Diese Art des Landens kann in verschiedener Entfernung vom Haspel ausgeführt werden, gewöhnlich wird es aber am besten sein, den Drachen auf 200 oder 300 Fuss (60—90 m) heranzubringen. Während der Drache eingeholt wird, um ihn schwebend zu erhalten, muss ein Gehülfe eine Stellung direkt unter demselben einnehmen. Der am Haspel Operirende wird es möglich finden, durch passende Handhabung der Kurbel den Drachen langsam fallen zu lassen, während der Gehülfe die zentralen Längsstöcke irgendwo in der Nähe ihrer Mitte erfasst. Der Gehülfe sollte den Drachen so abfangen, dass sein Körper durch den offenen Raum zwischen den Zellen hindurchgeht."

„b) *Landen des Drachens in schwerem Winde.* Zu diesem Zwecke wird die Aluminium-Landungsrolle benutzt. Der Drache sollte eingeholt werden bis zu nicht mehr als 150 Fuss (45 m) von der Winde. Alsdann wird die Landungsrolle auf den Draht gesetzt, und der Gehülfe geht hinaus bis zu einem Punkte, möglichst nahe zu dem, wo der Drache den Boden erreichen wird. Die Schnur, die an der Landungsrolle befestigt ist, sollte lose laufen und man muss zu vermeiden suchen, die Rolle über den Draht zu ziehen, während die Schnur in Spannung ist, weil dabei der Draht etwas geschädigt wird. Wenn ein Punkt ungefähr unter dem Drachen erreicht ist, muss der Gehülfe die Landungsschnur einholen, indem er sie schnell anzieht, so lange der Drache stetig fliegt, aber vorsichtig verfährt, wenn der Drache Neigung zeigt, zu schiessen. Wenn der Drache ernstlich niederzuschiessen Miene macht, muss man die Landungsleine durch die Hand auslaufen lassen, bis die stürzende Bewegung nachgelassen hat. Der Gehülfe muss dabei seine Stellung wechseln, um direkt unter dem Drachen zu bleiben, und während er die Landungsleine einzieht, muss er sie so abmessen, dass zu der Zeit, wenn er die Rolle erreicht, diese bis ans äusserste Ende des Drahts gelaufen ist; in diesem Augenblick ergreift er schnell die Bucht des Drachens und danach den Drachen selbst.*)"

Die Befolgung dieser Vorschrift erfordert übrigens recht viel Uebung und Geschick; wie die Erfahrung gleich beim ersten Aufstieg des Marvin'schen Drachens in Hamburg gezeigt hat, ist auch bei Benutzung der Landungsrolle eine Katastrophe nicht ausgeschlossen, wenn man die Tendenz zum Ueberschiessen des Drachens zu spät erkennt; ist Raum und Personal genug vorhanden, so dürfte das hier an Hargrave-Drachen erprobte Verfahren noch mehr Sicherheit bieten: vom hinteren Ende des Drachens lässt man eine etwa 50 m lange Schnur (Schwanz- oder Schleppleine) herabhängen, die die zweite Person — an der Winde braucht in diesem Falle nicht nothwendig Jemand zu bleiben — ergreift und möglichst genau in dem Azimut des Drachens fortzieht, während die erste mit der Rolle sich dem Drachen von vorne nähert. Das Vornüberschiessen, wobei der Drache den geringsten Luftwiderstand, also die grösste Geschwindigkeit, entwickelt, ist dann ausgeschlossen, und das vorzeitige seitliche Herabfallen ist, wenn beide Personen den Drachen nachgiebig behandeln, d. h. nie zu stark und in keiner andern Richtung, als wohin er fliegt, ziehen, unschwer zu vermeiden.

Die eben erwähnte Landungsrolle hat in Hamburg eine noch wichtigere Anwendung erhalten für das Auflassen und Landen der Drachen bei Winden, bei denen das vorhandene Terrain nicht den genügenden Raum bietet, um ein direktes Manövriren vom Haspel aus zu gestatten. Da auf dem Drachenplatze in Hamburg-Eimsbüttel nur ca. 10 m nach NW vom Haspel eine Strasse und hinter dieser ein Kanal läuft, so ist bei allen Winden aus der Südosthälfte des Horizonts das Auflassen der Drachen direkt vom Haspel aus bei leichtem Winde nicht möglich und bei starkem zu gefährlich, da sie nicht schnell genug aus der unteren Brandungsschicht kommen. Dann wird der Drache an eine passende Stelle am NW-Rande des Platzes ge-

*) Hierbei ist vorausgesetzt, dass die Endkausch des Drahtes nur etwa 1 m vom Drachen entfernt ist.

Digitized by Google

bracht, der Draht daran befestigt, die Aluminiumrolle, die wir allgemein als Handrolle bezeichnen wollen, auf ihn gesetzt und mit ihr, unter Nachlassen des Drahts (der übrigens stets gespannt bleiben muss) nach einem Orte südlich oder östlich vom Haspel gegangen, bis man den Drachen genau in Lee von sich, 50 m bis 100 m fern, hat und der Winkel zwischen den beiden Zweigen des Drahtes ungefähr einen halben rechten beträgt; alsdann wird der Drache aufgelassen. Ist der Wind frisch genug, um ihn kräftig aufsteigen zu machen, so steht alsdann zwar ein Druck von 20 bis 50 kg auf der Rolle, aber man hat diesem auch nur nachzugeben und schnell auf den Haspel zuzukommen, wobei der Drache sich vom Erdboden entfernt; ist man am Haspel angekommen, so nimmt man die Handrolle vom Draht ab. Um die Drehbude dabei nicht sogleich drehen zu müssen, stellt man sie beim Beginn schräg zum Winde, z. B. bei S-Wind stellt man sie mit der Oeffnung nach ENE, und führt mit der Handrolle den Draht nach SE. Erst wenn die Handrolle abgenommen ist, richtet man die Bude nach N. Dieselben Operationen, in umgekehrter Reihenfolge, macht man beim Landen.

Da das Arbeiten mit der Handrolle leicht ist, so thut man bei beschränktem Raume gut, den Haspel nicht in die Mitte, sondern an einen Rand des zur Verfügung stehenden Platzes zu setzen; natürlich wird man dazu im Gebiet der vorherrschenden Westwinde die Westseite wählen, um möglichst oft direkt von der Drehbude den Aufstieg bewirken zu können.

Die Figur 76 zeigt die Ausstattung dieser Handrolle in Hamburg. Ihre Dimensionen sind: Durchmesser 16 cm, Dicke 4 mm. Bei *h* ist der Rahmen aufgeschnitten, so dass man den Draht auf die Rolle legen kann; durch einen Haken wird der Schnitt geschlossen. Die zwei dicken Drähte *ff* begleiten den Rand der Rolle, ohne ihn zu berühren, und verhindern das Abspringen des Drahtes. Die Nebenfigur veranschaulicht dieses. Ihre Enden *ee* sind miteinander und mit dem Achsenlager der Rolle verbunden. Die Rolle ist aus Aluminium, die Führung aus Messing, der Handgriff ein Messingrohr, am unteren Ende mit Blei ausgegossen, um die aufrechte Stellung der Rolle beim Gebrauch als Landungsrolle zu sichern. Man könnte diese Rolle zwar auch während eines ganzen Aufstiegs, wie eine „Erdrolle“ beim Fesselballon benutzen; aber in der Regel wird es bequemer sein, sie nur beim Auflassen und Landen des Drachens zu benutzen und sie vom Draht zu entfernen, wenn der Drache hoch schwebt.

Da diese Rolle mich noch nicht befriedigte, habe ich durch Prof. Marvin's Vermittelung ein Exemplar der im Systeme des Washingtoner Weather Bureaus eingeführten Aluminium-Landungsrolle erbeten und erhalten. Diese erwies sich als erheblich kleiner, nur $10^1/_2$ cm im Durchmesser, und nur mit tiefer Rille verversehen, ohne besondere Sicherung gegen das Herausspringen des Drahtes. Durch ihre gedrungene Gestalt ist diese Rolle kräftiger konstruirt, als Fig. 76, und die Vorrichtung zum öffnen ist bequemer, als bei dieser. Für die deutsche Südpolar-Expedition habe ich deshalb zwei Rollen nach diesem Muster, aber aus Magnalium und mit der in Fig. 77 dargestellten Sicherung für den Draht anfertigen lassen. Der schattirte Theil ist ein Stück Messingblech, das bei geöffneter Gabel, nach Einlegen des Drahts auf die Rolle, zwischen diese und den Griff geschoben wird und auf letzterem festsitzt, so dass es von den Rändern der Rolle weniger als 0.7 mm entfernt ist, der dünnste als Drachenleine auf der Expedition verwendete Draht also sich nicht durchzwängen kann. Ein Abspringen des Drahtes an anderer Stelle kann bei solcher Handrolle leicht vermieden werden. Ein ernsterer Uebelstand ist der allzu geringe Durchmesser der Rolle, der nur 100- bis 150mal grösser ist, als derjenige der verwendeten Drähte (0.7 bis 1.0 mm). Hieraus erklärt sich die eben angeführte Warnung von Prof. Marvin vor starkem Zuge an der Rolle beim Herabzwingen des Drachens, obwohl ein solcher für das letzte Stück Draht dennoch unvermeidlich ist. Um als Leitrolle (s. oben) verwendet zu werden, müsste wohl diese Rolle auf 15 cm Durchmesser vergrössert werden, damit eine Schwächung des Drahtes durch die starke Krümmung ausgeschlossen sei. Soll dabei das Herausspringen des Drahtes unter allen Umständen unmöglich gemacht werden, so muss eine Vorrichtung angebracht werden, wie sie durch die dicken Drähte in Fig. 76 angestrebt, aber nicht genügend erreicht ist, und wie sie beim Azimut-Rad des alten Haspels befriedigend funktionirt; allein diese Vorrichtung erfordert, besonders da es sich bei der Handrolle um Richtungsänderungen des Drahtes zwischen 0° und 180° handelt, eine so kräftige Konstruktion, dass die Rolle nothwendig schwer wird; man wird sich also begnügen müssen, an der wichtigsten Stelle, am Griff, das Ausspringen des Drahtes beim Lockerwerden durch die oben angegebene Einrichtung (Fig. 77) zu verhindern, im übrigen aber ihm durch vorsichtige Handhabung vorzubeugen. Die Verwendung einer anderen Rolle zum Landen, als zum Leiten, würde nach den hiesigen Erfahrungen unter Umständen bedenklichen Zeitverlust bedeuten.

Digitized by Google

b) ***Lage und Bewegungen der Drachen in der Luft.*** Die wechselnden Stellungen und Bewegungen der Drachen in der Luft sind noch wenig erforscht. Um wenigstens die Winkel zu bestimmen, welche die Drachenfläche mit dem Horizont und mit der Leine bildet, hat Samuelson schon vor einer Reihe von Jahren durch zwei Pappscheiben unterhalb der Bucht und Marken auf der Drachenfläche sich feste Visire geschaffen, und in neuerer Zeit haben Marvin u. A. diesen Zweck durch eine Skala im Obersegel der vorderen Zelle des Hargrave-Drachens, die je nach der Neigung des Drachens zum Horizont für den Beobachter bis zu einem bestimmten Strich durch das Untersegel verdeckt wird, erreicht. Der Winkel zwischen Drachenfläche und Horizont beträgt danach beim Hargrave-Drachen zwischen 14° und 26°. Der Winkel zwischen der Drachenfläche und dem obersten Theil der Leine stellt sich nach Marvin's Messungen (1896) bei guten Zellendrachen zwischen 68° und 84° heraus. Diese Winkel gelten aber nur für normale Fesselung in mässigem Winde; wie sie sich in starken Winden bei der neuerdings angewandten zerreissenden oder sich ausdehnenden Bucht gestalten, darüber liegen keine Mittheilungen vor.

Die obigen Werthe gelten nur für ruhigen Flug des gut „stehenden" Drachens. Die Abweichungen von diesem sind von zweierlei, oft schwer auseinanderzuhaltender Art: auch der beste Drache muss seine Stellung ändern, wenn der Wind sich ändert; unvollkommene Drachen aber ändern sie auch in stetigem Winde in mannigfaltiger, oft stürmischer Weise und vermögen bei den thatsächlich fortwährend stattfindenden Aenderungen in der Richtung und Stärke des Winddruckes eine neue Gleichgewichtslage nicht so bald oder überhaupt nicht zu finden.

Eine Klarstellung der verschiedenen Arten der Instabilität von Drachen und ihrer Ursachen ist noch nicht gelungen. Dies ist sehr zu bedauern, weil damit auch die Mittel fehlen, diese Ursachen beim Bau von mehr oder weniger neuen Drachenformen zu vermeiden. Selbst sehr kleine Abweichungen von vorhandenen guten Modellen in Bezug auf Form und Gewichtsvertheilung können in dieser Hinsicht unangenehme Ueberraschungen bringen. Ich will versuchen, aus den gewonnenen Erfahrungen wenigstens einige allgemeinere Ergebnisse zu ziehen.

Auf die mannigfaltigen Bewegungen der gewöhnlichen einflächigen Drachen können wir hier nicht näher eingehen. Sie sind offenbar zum grossen Theile entweder dauernden Mängeln der Symmetrie oder vorübergehenden Formveränderungen des Gestells und des Bezuges zuzuschreiben. Sie können in den meisten Fällen gemildert oder aufgehoben werden durch Hinzufügung eines genügend grossen Schwanzes. Bei sehr kleinen Drachen übertrifft dieser an Gewicht und Oberfläche den Drachen selbst bei weitem. So fand ich vor Jahren das Gewicht eines auffallend gut steigenden Miniatur-Drachens aus Seidenpapier zu 4.2 gr, während sein Schwanz 6.7 gr wog.

Ein zu grosses Gewicht des Schwanzes bringt den Drachen zum Pendeln und eventuell Herumschiessen, vgl. S. 37 und Aeronaut. Journ. Vol. III, S. 3. Diese Thatsachen scheinen keine andere Deutung zuzulassen, als dass zwar für die Erhaltung des Drachens in der Vertikalebene des Windes und der Anheftungsstelle am Erdboden das Nicht-Zusammenfallen von Schwerpunkt, Druckpunkt und Fesselpunkt nothwendige Bedingung ist, dass aber eben diese Stabilität durch Pendeln gefährdet wird, sobald der Abstand zwischen diesen Punkten eine gewisse sehr kleine Grösse übersteigt.

In einem Falle aus jüngster Zeit hat aber auch diese Erklärung versagt; von zwei möglichst gleich gebauten Treppendrachen fliegt der eine gut, während der andere nach kurzem Fluge ins Pendeln kommt, wobei die Ausschläge schnell wachsen und nach 3 bis 4 Ausschlägen der Drache umschlägt und herabschiesst. Weder eine Aenderung der Bucht, noch eine Entlastung des unteren und Belastung des oberen Randes des Drachens haben bisher diesen Fehler aufzuheben vermocht.

Von dem Pendeln verschieden sind die Bewegungen, die ein Drache macht, dessen Symmetrie mangelhaft ist; ein solcher wird, und zwar mit dem Kopfende voraus, vom Winde zur Seite gedrückt, und wenn die Asymmetrie stark ist, im Kreise herumgeführt; ein einflächiger Drache wird dabei zum raschen Kreisen um ein nicht weit ausserhalb seines Randes liegendes Zentrum, zum „Nudeln" nach hiesigem Ausdruck, genöthigt.

Suchen wir in das Chaos der Bewegungen, die man an Drachen beobachten kann, etwas Ordnung zu bringen, so müssen wir vor allem Bewegungen bei zu schwachem Winde von solchen bei zu starkem Winde unterscheiden, zwischen welche die für den Flug günstigsten Bedingungen bei mässigem Winde fallen. Das Studium dieser Bewegungen ist schwierig, weil der Beobachter nur die in seine Bildebene fallende Kompo-

Digitized by Google

nente derselben direkt sehen, die andere nur aus der Richtung und Spannung der Leine oder durch zufällig günstigen seitlichen Standpunkt erkennen kann. Die folgenden Beobachtungen sind hauptsächlich an Malay-Drachen gemacht, doch scheinen bei anderen Drachenformen die Bewegungen mehr dem Grade, als der Art nach hiervon abzuweichen.

Bei schwachem Winde schwankt der Höhenwinkel des Drachens in weiten Grenzen, sowohl bei verschiedenen Aufstiegen, als im Laufe desselben Aufstiegs in wenigen Minuten; der Grund dafür liegt vielleicht in aufsteigenden und absteigenden Luftbewegungen. In den Zeiträumen, wo der Wind zu schwach wird, um den Drachen zu tragen, zeigt dieser verschiedenes Verhalten: stand er niedrig, so sinkt er einfach, mit dem Schwanzende voran, herab; stand er hoch, so zeigt er, oft nach längerem haltlosem Taumeln,*) das Phänomen des „Schwimmens“ oder des vogelgleichen Schwebens. Dieses besteht darin, dass der Drache sich nach vornüber neigt und dann, die Leine lose hängen lassend, direkt oder schräge gegen den Wind vorwärts schwebt. Oft legt er dabei beträchtliche horizontale Strecken zurück und fällt nicht weit vom Anheftepunkt der Leine nieder. Noch öfter treibt der Drache, nachdem er kurze Zeit so geflogen ist, mit einem etwas stärkeren Windstosse nach Lee, steigt dann wieder höher und kommt zur Ruhe, wie dies Hargrave in seiner Mittheilung an die Konferenz in Chicago beschreibt. (Aeronautics, 1894, S. 140.) Malay-Drachen machen dieses Manöver, wenn sie ohne Schwanz aufgelassen werden, bei leichtem Winde nicht selten, und beschreiben dabei, ehe sie sich sanft, mit dem Kopf voran, auf die Gesichtsseite zu Boden legen, einen oder mehrere Kreise, wie ein mächtiger Vogel herabschwebend. In der Regel sind sie vorher aussergewöhnlich hoch, in über 60° Winkelhöhe, gestiegen; in diesem Falle können sie sogar, während sie die Leine hängen lassen, über das Zenith ihrer Anheftestelle hinwegschweben. Bei Hargrave-Drachen zeigt sich diese Bewegung viel seltener und bei frischerem Winde, wobei der Drache viel steiler herabschiesst und am Boden mehr oder weniger stark beschädigt wird. In dieser Form bildet die Bewegung die als „Tauchen“ (engl. „dive“) bekannte unangenehme Eigenheit mancher Drachen. Fig. 78 veranschaulicht diese Bewegungen des Drachens; ein annähernd gleiches Bild von der Bewegung eines bestimmten Zellendrachens giebt Hargrave auf Taf. VI des Bandes 1895 des Journal of the R. Soc. of N. S. Wales als denjenigen Fall, in welchem „the nearest approach to soaring has been attained“. Dieses vogelähnliche Schweben zeigt sich bei Malay-Drachen oft, die Anhängung eines Schwanzes ist jedoch ein sicheres Mittel gegen dieses sehr interessante, bei Drachen aber selbstverständlich sehr unerwünschte Verhalten. Interessant ist dasselbe besonders in der Hinsicht, dass das Voranschiessen des Drachens, ohne von der Leine gezogen zu werden, gegen den Wind unter zeitweise nur sehr geringem Höhenverlust, derselben geheimnissvollen Triebkraft entstammt, die den segelnden Vogel ohne Flügelschlag voran befördert. Von den 9 bis jetzt gebauten Treppendrachen zeigt ein einziger, vom „Frosch“-Typus, diese Tendenz, die übrigen, davon einige geometrisch ihm ganz ähnliche, nicht. Wie durch Anfügen eines Schwanzes, so wird auch durch Vorspannen eines zweiten, an den Rücken von diesem gebundenen Drachens diese Bewegung verhindert. Zu ihrer Vermeidung wurde eine Zeit lang bei den sehr steil steigenden Drachen des Blue Hill der oberen Fläche der hinteren Zelle statt der Wölbung eine verringerte Neigung gegeben („Penaud's tail“); doch wurde diese Einrichtung später wieder verlassen. Wird anstatt eines Schwanzes eine runde oder halbrunde Trommel (aus über 2 Reifen gespanntem Zeug) vor das Schwanzende des Malay-Drachens so gebunden, dass der vom Drachen abströmende Wind durch sie hindurchfliesst, so wird die Neigung zu diesem Schweben verstärkt, aber meist in mehr oder weniger seitlicher Richtung. War die Trommel gross, ihre Breite und Länge etwa $^1/_5$ von jener des Drachens, so flog der Malay-Drache, statt aufzusteigen, wiederholt in geringer Höhe über dem Boden, mit schwach gespannter Leine, um 40 oder mehr Grad zur Seite und fiel dort nieder.

Dies ist ein Uebergang zu der sogleich zu beschreibenden zweiten Art von Abweichung, nämlich der bei starkem Winde. Steigt die Windgeschwindigkeit auf 10 m pro Sek. und darüber, so beginnen auch sorgfältig gebaute Malay-Drachen, die bis dahin gut flogen, zur Seite zu neigen und zugleich sich zu senken, unter hoher Spannung der Leine. Bei Gespannen von Malay-Drachen, die mit zwei Leinen in der auf Fig. 25 angegebenen Weise hintereinander gefesselt sind, vollzieht sich dieser Vorgang in langsamer aber unwiderstehlicher Weise. Alle Drachen des Gespanns neigen dann, falls der oberste nicht erheblich kleiner

*) Ein Versuch ergab ähnliche taumelnde Bewegungen bei einem (Treppen-) Drachen, der an zwei Schnüren, am Kopf- und Schwanzende, gefesselt war, wenn man die letztere Schnur nachliess und der Einfallswinkel des Windes auf die Drachenflächen deshalb sehr klein wurde. Denselben Mangel an Stabilität muss man also erwarten, wenn die Kautschukschnur in der „elastischen Bucht“ allzu dehnbar ist oder nachdem Marvin's „safety line“ gebrochen ist.

Digitized by Google

als die unteren ist, nach derselben Seite hin, der oberste, mit dem Schwanz versehene, gewöhnlich am meisten; seine Deformation also ist es vor allem, die die Lage des Gespanns bestimmt. Sind sie so von 40°—45° Höhe auf 20°—25° herabgestiegen, so richten sie sich sehr oft wieder auf, nehmen wieder ihre alte Stellung und ihre frühere Höhe ein, um nach 5 oder 10 Min. abermals, diesmal vielleicht nach der anderen Seite, auszuweichen. Fig. 79 stellt den Anblick des Gespanns von der Winde aus in solchen Fällen dar.

Das Wiederaufsteigen geschieht manchmal noch, wenn die Drachen fast den Boden berührt haben; aber schliesslich bleiben sie doch auf der Erde oder in Bäumen etc. hängen. Die Katastrophe kann hinausgeschoben werden, wenn man rasch mehr Draht nachlässt resp. sich abhaspeln lässt; aber auf die Dauer lässt sie sich auf diese Weise nicht vermeiden und ist um so unangenehmer, je mehr Draht dann ausgegeben ist, je weiter er also über Land liegt. Findet noch ein Wiederaufrichten der Drachen statt, so geht dieses durchaus nicht immer vom obersten, sondern oft von einem der unteren aus, wenn der Zug des obersten nachlässt. Wenn dieses Seitwärts-Ausweichen der Drachen von Störungen in ihrer Symmetrie herrührt, die unter starkem Winddrucke in der Luft entstehen, so läge es nahe, zu erwarten, dass diese zufälligen Deformationen bei den verschiedenen Drachen eines Gespannes entgegengesetzt sein und einander entgegen wirken werden. Allein leider scheint es, dass, wenn der oberste Drache durch seine Deformation die unteren zur Seite zieht, diese in derselben Richtung Symmetriefehler bekommen. Denn dieses übereinstimmende Ausweichen des ganzen Malay-Gespannes nach der einen oder der andern Seite ist stets eingetreten, wenn die Windgeschwindigkeit am Boden über 10 m pro Sek. stieg. Wahrscheinlich würde in dieser Hinsicht ein Gespann, in welchem jeder Drache unabhängig an einer Zweigleine fliegt, mehr Ausgleichung des Abirrens einzelner von ihnen bieten; allein da Malay-Drachen ohne Schwanz zu wenig stabil sind und der an kürzerer Zweigleine fliegende seinen Schwanz in die Leine des andern verwickeln würde, so ist doch die Hintereinander-Fesselung, so lange nur der Wind nicht stark wird, vorzuziehen, da sie bei leichtem Winde einen sehr ruhigen Flug ergiebt. Natürlich können auch beide Systeme kombinirt werden: zwei Drachen hintereinander, einer an kürzerer Zweigleine.

Die einzelnen Drachen des Gespanns sind besonders bei schwachem Winde in fortwährender schaukelnder Bewegung, die indessen nur am Boden stark ist und nach oben immer mehr abnimmt. Sie beschreiben dabei liegende Achten (∞), wobei der Kopf immer dem Schwanz etwas voraus ist. Ausnahmsweise macht ein Drache ohne erkennbare Ursache diese Bewegungen stark und anhaltend, und fliegt das Gespann erst ruhig, wenn er durch einen andern ersetzt oder fortgenommen ist.

Ein ähnliches, aber doch anderes Phänomen zeigen zwei von den neuen „Froschdrachen"; sie haben die Neigung, sich zeitweise und abwechselnd nach rechts oder links zu legen und in völlig stabilem, aber niedrigem Fluge weit aus der Windrichtung (mit dem Kopf voran) hinauszugehen. Dieselben Drachen zu einem „Doppelfrosch" verbunden, haben diese Neigung nicht. Andere, anscheinend ebenso gebaute Exemplare dieser Form, zeigen sie auch im Einzelfluge nicht.

Von den Hargrave-Drachen giebt Herr Fergusson im Bericht von 1897 (S. 62) an, dass sie Windgeschwindigkeiten von 6 bis zu 20 m pro Sek. stabil fliegen. In seiner Mittheilung an die Londoner meteorologische Gesellschaft vom 15. Juni 1898 (Qu. Journ. 1898, S. 254) giebt Herr Rotch an, dass sie auf dem Blue Hill bis zu 22½ m pro Sek. fortfahren zu fliegen. Diese Zahlen beziehen sich wahrscheinlich auf die Windgeschwindigkeit am Drachen selbst, nicht auf die fast ohne Ausnahme geringere am Erdboden. Auch unter den, leider nur wenigen, befriedigenden Aufzeichnungen des elektrischen Anemometers im Marvin-Meteorograph der Seewarte findet sich eine, am 16. Oktober 1900 in ca. 800 m Höhe gewonnene, die während 50 Minuten eine Windgeschwindigkeit von 18 m pro Sek. ergeben hat; in einer Reihe anderer Fälle war dieselbe wohl noch grösser, weil das Anemometer wegen Kürze der Kontakte versagt hat; der Marvin-Drache flog dabei auch in diesen Fällen ganz gut.

Herr Hargrave selbst giebt zwar in seiner Mittheilung an die R. Soc. of N. S. W. vom 5. August 1896 (Aeron. Journ. 1897, S. 10) nur 13.4 m pro Sek. (am Erdboden?) als die wahrscheinliche obere Grenze für gutes Fliegen an; erzählt aber, dass als bei stürmischem Wetter am 22. Juli 1896 eines der Längshölzer in der Luft brach, so dass eine halbe Zelle zusammenfiel, der Drache fortfuhr, stetig zu fliegen. „It is this remarkable stability that makes the cellular form of aeroplane so suitable for flying machines", bemerkt Hargrave dazu. Auch mir ist etwas ähnliches begegnet; am 18. Mai 1901 ist ein grosser Kastendrache nach Marvin's Modell in der Luft an mehreren Stellen zerdrückt und flog darauf doch stabil bis zur Landung; allerdings geschah der Bruch ziemlich symmetrisch, nämlich vor allem an den Mittelstangen (obere Enden)

Digitized by Google

und in der Mitte der vordersten Leiste, aber auch an 3 anderen Stellen. Auch die Herren Marvin und Teisserenc de Bort äussern sich (mündlich) sehr befriedigt über den ruhigen Flug der Zellendrachen auch in starkem Winde.

Meine eigenen Erfahrungen waren bis zum Herbst 1899 nicht so günstig, und da sie in lehrreicher Weise gegen die Verwendung biegsamer Drachen sprechen, will ich sie hier erwähnen. In Ermangelung eines erprobten Modells, meine eigenen Wege suchend, hatte ich einen grossen Kastendrachen von 5 qm Tragfläche gebaut, der zusammenlegbar und elastisch biegsam war. Dieser flog zwar bei Winden von 5 bis 8 m pro Sek. (am Erdboden) sehr befriedigend, bei stärkeren aber erwies er sich unruhiger als ein Gespann von Malay-Drachen und zeigte theils stürmische Aenderungen im Azimut und in der Höhe, theils das verhängnissvolle dauernde Neigen nach einer Seite. Am 24. September 1899 wurde er und ein $2^1/_2$ qm grosser Malay-Drache um $11^h 11$ a. m. hochgelassen, jeder mittels besonderer Leine an die Endkausch des Drahts gebunden, an der auch der Meteorograph von Richard hing. Die Windgeschwindigkeit war im Mittel der Stunde $11—12^h$ a. m., auf der Seewarte 13.2 m pro Sek. Auf der Höhe von 50 bis 200 m über dem Boden (400 m Draht) ging die Sache sehr gut, dann aber begann der Zellendrachen tolle Bewegungen, während der (mit Schwanz versehene) Malay ruhig stand; ersterer legte sich bald nach rechts, bald nach links zur Seite, ja sogar auf den Rücken, wobei er unter die Kausch herabsank. Fig. 79 A und B zeigt ihn in zwei solchen Lagen. Dazwischen kam er immer wieder hoch. Beim allmählichen Einholen, wobei die Drachen aus NE, wo sie anfänglich standen, nach N übergingen, wurde, als nur noch 120 m Draht ausstanden, auch der Malay-Drache unruhig, der Zellendrache berührte den Boden und musste abgebunden werden, wie auch das Instrument, das der Malay-Drache noch über dem Boden erhalten hatte; hierauf stieg der letztere wieder, und konnte regelrecht mittels der Winde eingeholt werden.

Dieser Mangel an Stabilität bei starken Winden wurde von den Herren Rotch und Teisserenc de Bort bei deren erstem Besuche des Drachenplatzes der Seewarte am 4. und 9. Oktober 1899 übereinstimmend der nicht genügenden „Regidität“ des betreffenden Drachens zugeschrieben. Von den vollkommen steifen Zellendrachen, die im Besitz der Seewarte sich finden, ist der älteste, schon 1898 erbaute, wenig zur Verwendung gekommen, weil er nur $1^1/_4$ qm Tragfläche und also wenig Tragkraft hat; doch ist er wiederholt bei frischem Winde gut geflogen; der zweite grosse, aus Washington verschriebene Drache dieser Art kam erst am 14. Oktober 1899 an, konnte erst am 25. aufgelassen werden und zerbrach, nach sehr gutem Fluge, in einem Winde von 12 m pro Sek. beim Landen 11 von den 44 Stäben seines Gestells, so dass er einer Reparatur von 6 Arbeitstagen bedurfte. Auf dieselbe Weise, nämlich durch Kopfüber-Stürzen hatte auch der eben erwähnte $1^1/_4$ qm-Drache einige Tage vorher seine vordere Zelle zerschmettert.

Seitdem ist aber nicht nur dieser Marvin-Drache viele Male vortrefflich geflogen, sondern auch die ebenso steifen Drachen von 3 bis 4 qm Tragfläche, die im Sommer 1900 unter meiner Leitung erbaut sind, erweisen sich in starkem Winde als vollkommen stabil — ein Beweis für die Richtigkeit der Bemerkungen der Herren Rotch und Teisserenc de Bort.

Seit dem 8. November 1899 sind auch in Hamburg zahlreiche gute Aufstiege mit dem Marvin-Drachen gemacht worden, wobei er sich, mit wenigen gleich zu beschreibenden Ausnahmen, als ausserordentlich stabil erwiesen hat, auch bei Winden, die schon auf der Höhe des Thurmes der Seewarte 10 m überstiegen. In der untersten, bis zu 100 oder 200 m Höhe reichenden Luftschicht muss er freilich deren unregelmässigen Bewegungen folgen, höher hinauf aber steht er meist wie angenagelt am Himmel. Welchen Windgeschwindigkeiten der Drache selbst dabei ausgesetzt war, kann ich nicht angeben, da das Anemometer bei starkem Wind meistens versagt hat. Am 15. November 1899 und am 1. September 1900 machte der Marvin-Drache in der Höhe von 700—1300 m wilde Bewegungen, wobei er sehr starken und unregelmässigen Zug auf den Draht ausübte; im ersteren Falle beruhigte er sich nach einer halben Stunde, stieg ohne Auslassen des Drahtes wieder von ca. 750 m auf über 1000 m und konnte nun ruhig eingezogen werden; im letzteren Falle dagegen ist schliesslich der Draht dicht unter dem Drachen zwischen der Kausch und der Splissung gebrochen und der Drache weggeflogen. Beide Male war der Drache am oberen Ende des Drahtes und erst 900 bis 1500 m von ihm ein zweiter Hilfsdrache an diesem befestigt. Von den Fällen, in denen an den Rücken des Marvin-Drachens ein Malay-Drache befestigt war, zeigte in zweien der erstere sich beim ersten Auflassen unruhig, so dass er eingezogen und der Malay-Drache entfernt wurde; wahrscheinlich lag es an ungeeigneter Anbringung desselben, denn in vielen andern Fällen ist ein solches Gespann sehr gut 600 bis 1400 m hoch geflogen und hat vortrefflich zarte, ruhige Meteorogramme heimgebracht.

Digitized by Google

Fliegt ein Drache anhaltend nicht genau in der Richtung der Luftströmung und mit seiner Längsachse nicht genau in der Vertikalebene, so ist er nicht ganz symmetrisch gebaut. Stets liegt er dann mit dem Kopf dahinüber, wohin er abweicht, wohl daher, weil die Wirkung des Windes auf das Kopfende des Drachens viel stärker ist, als auf dessen Schwanzende. Bei starkem Winde wird dieser Fehler gefährlich, und auch bei schwachem ist er mit Verlust an Höhe verbunden. Als Nothbehelfe, um diesen Fehler zu korrigiren, werden vom Blue Hill folgende, in der That sehr wirksame Mittel angegeben. Bei Malay-Drachen besteht das Mittel darin, auf der Seite, nach welcher der Drache abweicht, hinter dem Zeug eine Schnur vom Längs- zum Querstock, etwa auf der halben Länge beider, zu spannen. Offenbar wird also durch diese Stütze der Druck des Windes auf diese Zeughälfte vergrössert — ein Ergebniss, dass scheinbar mit dem Befund von Lilienthal und Hargrave, wonach der Druck auf gewölbte Drachenflächen viel grösser ist, als auf ebene, im Widerspruch steht. Der Grund ist offenbar der, dass unter dem Druck starken Windes beim Malay-Drachen durch Einbuchtung des Randes die Projektion der Druckfläche abnimmt (sie werden ganz schlank bei heftigem Winde, siehe Fig. 35) und diese Abnahme durch die Stützschnur verringert wird. Für Kastendrachen besteht das Mittel im Anbringen eines Steuers in einer der Zellen; nach dem (brieflichen) Rath von Mr. Clayton hat dies in der hinteren Zelle zu geschehen, wobei das Hinterende des Steuers nach der Seite zu richten ist, wohin der Drache gelenkt werden soll. Noch wirksamer ist das Steuer, wie ich gefunden habe, in der vorderen Zelle, wobei sein vorderes Ende nach der gewünschten Richtung weisen muss. Ein von Lieken eingefasstes drei- oder viereckiges Zeugstück, dessen Ecken mit Schnüren an passende Stellen des Drachenrahmens gespannt werden, ist als Steuer geeignet.

Besser auf alle Fälle ist es, wenn man die Ursache des falschen Fluges finden und beseitigen kann.

c) ***Vereinigung der Drachen zu Gespannen***) **und Anbringung des Meteorographs.*** Das Washingtoner Wetterbureau schreibt seinen Beobachtern die Anwendung eines einzigen grossen Drachens vor. Ursprünglich ist Prof. Marvin zu dieser Empfehlung durch eine mathematische Betrachtung der Kettenlinie gekommen. In seiner mehrfach zitirten Abhandlung von 1896 „Kite Experiments at the W. B." weist er auf S. 112 nach, dass mit demselben Zug eine grössere Höhe erreicht werden kann, wenn dieser Zug am Ende der Leine angreift, als wenn er auf mehrere Stellen vertheilt ist; z. B. wenn zwei gleiche Drachen unter einem Winkel von 55° ziehen, und man das eine Mal beide am Ende der Leine vereinigt, ein andermal den zweiten erst anheftet, wenn der Winkel der Leine mit dem Horizont auf 25° herabgegangen ist, so kann bei sonst gleichen Umständen in letzterem Falle 6% weniger Höhe erreicht werden, bis die Leine am Haspel horizontal wird. Das ist nun freilich ein geringer Verlust, wenn dem andere wichtige Vortheile gegenüber stehen, und a. a. O. führt Prof. Marvin selbst zu Gunsten der Drachengespanne an: die grössere Gleichmässigkeit des Zuges, grössere Sicherheit gegen Unfälle, die Möglichkeit nach Bedarf und Windstärke eine grössere oder kleinere Drachenfläche anzuwenden, gleichmässigere Vertheilung des Zuges auf die Leine, der bei einem einzigen Drachen dessen Maximum am oberen Ende hat, endlich der Vortheil, beim Einholen den Zug allmählich durch Abspannen der unteren Drachen zu verringern. In dem neuesten „Report of the Chief of the Weather Bureau", 1897—98, heisst es aber auf S. 14 kurzweg, die Praxis einiger Forscher, kleinere Drachen „in tandem" fliegen zu lassen, erweise sich als viel weniger befriedigend, als die des Weather Bureaus, einen grossen Drachen zu verwenden; der letztere sei unter kritischen Umständen oder ungünstigen Bedingungen des Fluges weit leichter zu behandeln und sei „ausserdem" wirksamer. Es ist nicht zu vergessen, dass der erklärte Zweck des Weather Bureaus der ist, ein Instrument von nur 1 kg Gewicht auf eine Höhe von nur etwa 1 engl. Meile (1605 m) zu heben.

Alle Andern, die sich eingehend mit der Verwendung von Drachen zur Ausübung eines starken und gleichmässigen Zuges beschäftigt haben, sind zu dem Ergebniss gekommen, dass die Verbindung mehrerer Drachen an einer Leine vortheilhafter und namentlich bequemer ist.

So sagt Hargrave in seinem Vortrage in London am 26. Mai 1899 (Aeronaut. Journ., Juli 1899, S. 50 und 51): „Large kites are not to be recommended". „As each kite is added to a tandem, the team increases in steadiness, there is no yawing and darting about; ... fly the smallest one first ..."

Baden-Powell sagt auf S. 36 des Jahrgangs 1898 desselben Journals: „Small kites are handier — they are lighter for a given area, and if one becomes damaged it is more easily replaced, and if an accident

*) Von den Amerikanern als „flying the kites in tandem" bezeichnet.

Digitized by Google

occurs to one kite while flying in mid-air, there is not necessarely a sudden collapse of the whole apparatus. On the other hand, big kites are simpler to make, and require but one adjustment. They seem to fly more steadily in gusty winds, there is less complication in strings, and they are probably more efficient." Auf S. 5 des Jahrgangs 1899 sagt er, dass er es zu schwierig gefunden habe, mit einem so grossen Drachen zu arbeiten, wie er 1894 gebaut hatte, und dass er zu kleineren Drachen zurückgekehrt sei, von denen er je nach der Windstärke eine wechselnde Anzahl zusammenkoppelte; zum Heben von Menschen wendet er jetzt meist ein Gespann von 4 bis 5 Drachen zu je ca. 11 Quadratmetern an.

Weder Hargrave noch Baden-Powell haben indessen Hochaufstiege und meteorologische Zwecke im Auge. Wichtiger sind daher für uns die folgenden Gewährsmänner. Auf dem Blue Hill sowohl, als in Trappes wendet man stets am obersten Ende der Drahtleine zwei an dieselbe Kausch mit verschieden langen Vorläufern gespannte Drachen an*), und befestigt weiter unten, wenn der Draht anfängt, einen zu geringen Winkel mit dem Horizont zu machen, fernere Drachen an gesonderten kurzen Zweigleinen. Auf dem Blue Hill hat man aber, wohl den Gründen Marvin's Rechnung tragend, die Oberfläche der obersten Drachen so vergrössert, dass jetzt zwei je 8 Quadratmeter grosse Drachen an die Spitze gesetzt werden und nur wenige Hülfsdrachen weiter unten für einen Hochaufstieg nöthig sind. Nach Fergusson („Science" v. 5. Okt. 1900) ist gegenwärtig die mittlere Zahl der in einem hohen Aufstieg auf dem Blue Hill angewandten Drachen sechs, drei grosse und drei kleinere, die zusammen eine Tragfläche von nicht ganz 30 qm haben. Dagegen zieht Herr Teisserenc de Bort, wie er mir mündlich mittheilte, die Verwendung zahlreicher kleinerer Drachen vor und hat bis zu 14 Drachen von je etwa 3 qm Tragfläche an einer Leine fliegen lassen.

Zwei Hauptarten der Verkoppelung von Drachen zu Gespannen sind zu unterscheiden; Hargrave und Baden-Powell koppeln sie hintereinander, indem sie, wie es vor ihnen schon Wilson 1749, Colladon 1827, Archibald 1883 gethan haben, die Leine des oberen Drachens am Gestell des unteren befestigen. Der Vortheil liegt, wie schon längst Archibald (vergl. Deutsche Met. Zeitschr. 1885, S. 47) hervorgehoben hat, darin, dass der obere Drache hilft, den unteren emporzuheben und ihn stetig zu erhalten. Der Nachtheil liegt darin, dass bei Befestigung der Schnur an unrechter Stelle der untere Drache in seinem Fluge beeinträchtigt wird, und dass die sehr werthvolle automatische Einstellung des Drachens mittels elastischer Bucht bei den unteren durch den Zug des oberen Drachens in einer nicht ganz leicht zu regulirenden Weise gestört wird. Im Sommer 1899 habe ich meist mit einem Gespann von drei nach dem „Parallel-System" von Baden-Powell (vgl. S. 43) hintereinander geschalteten Malay-Drachen gearbeitet.

Die zweite Art der Verbindung ist die von Herrn Eddy angegebene Nebeneinander-Koppelung, die sowohl auf dem Blue Hill als in Trappes und Berlin-Tegel fast ausschliesslich verwendet wird; nach dieser fliegt jeder Drache gesondert an einer kurzen Zweigleine, die ihn mit dem Hauptdraht verbindet. Eine dritte, vermittelnde Methode besteht darin, dass man die zum oberen Drachen führende Schnur durch oder um den unteren Drachen führt, und am „Buchtpunkt" des letzteren, der Verzweigungsstelle seiner Leine, anspannt, so zwar, dass der untere Drache seine Neigung frei ändern kann und dennoch bei mangelndem Winde vom oberen getragen wird. Bei denjenigen Kastendrachen, bei denen das Druckzentrum und also auch die Anheftungsstelle der oberen Leine in der Mitte oder am hinteren Rande der vorderen Zelle liegen, kann dieses nur mittels eines Schlitzes im unteren Drachen geschehen, durch den die obere Leine hindurchgeht. Ich habe dies in einem Falle versucht und das Resultat befriedigend, aber den Bau komplizirt gefunden. Beim Marvin-Drachen aber, dessen Druckachse die Unterfläche bei schwachem Winde am Vorderrand und bei starkem Winde, durch die Ausreckung der elastischen Bucht, noch weiter vorne schneidet, fällt diese Schwierigkeit fort; man schaltet in die Leine, die vom Buchtpunkt des unteren Drachens zum oberen Drachen führt, zwei kleine Drahtrahmen von 10 cm Länge und $1^1/_4$ cm Breite ein, durch welche die freien Spitzen der Mittelstöcke des unteren Marvin-Drachens gehen. Von diesen Rahmen ist der obere nur auf- und abwärts beweglich in einer Führung am oberen Vorderrande des Marvin; der untere Rahmen dagegen kann sich, je nach der Ausdehnung der elastischen Bucht des Marvin-Drachens, auf dessen unterem Mittelstock vor- und rückwärts verschieben.

Ein Bedenken gegen diese Koppelung kann nur darin bestehen, dass bei merklich verschiedener Richtung des Windes bei den beiden Drachen der untere sich nicht genau normal zur senkrechten Wind-

*) (Nachschrift). Wie ich in letztem Sommer mündlich von Herrn Fergusson erfuhr, werden in neuester Zeit auf dem Blue Hill die obersten Drachen auch hintereinander gespannt verwendet, und zwar ein oberer von 5 qm und darunter einer von 7 bis 8 qm Hargrave-Tragfläche.

Digitized by Google

ebene einstellen kann. Allein wenn der Abstand beider Drachen unter 100 m bleibt, und der obere Drachen nicht mehr als $^1/_3$, höchstens die Hälfte, der Tragfläche des unteren hat, so kommt dieser Zwang praktisch nicht in Betracht. Denn der Winkel, den die Leine des oberen „Pilot"-Drachens mit der des „Haupt"-Drachens bildet, ist ein so stumpfer, dass zu seiner Bildung ein sehr kleiner Theil vom Winddruck auf den letzteren ausreicht. Im übrigen aber wird durch die Beigabe des Piloten sowohl das Auflassen, als das Landen des Hauptdrachens in schwachen und starken Winden sehr viel leichter und gefahrloser, und der Zug im Draht, sowie anscheinend auch die Bewegungen des Hauptdrachens gleichmässiger.

Eine Einrichtung zum Abfliegen des oberen Drachens bei übermässigem Gesamtzuge der beiden Drachen, bezw. Verwendung des oberen als „Sicherheitsdrachen", ist wohl zuerst auf dem Berliner Aeronautischen Observatorium nach dem auf S. 6 erwähnten Unfall zur Durchführung gekommen. Dieselbe funktionirt, soviel mir bekannt, zur Zufriedenheit, ist aber ziemlich voluminös und schwer. Fig. 82 zeigt eine kompendiöse Vorrichtung für diesen Zweck, im Anschluss an die S. 72 beschriebene Schlangenkausch. Der schwarze Strich *rs* bezeichnet ein Stück harten Stahldrahtes (etwa 0.8 mm Durchmesser), um das die dünne Reissschnur geschlungen ist, deren Kürze ihr nicht gestattet, vom Draht abzugleiten. Der Draht ist bei *r* an die Schlangenkausch gelascht und an deren anderem Ende, entweder einfach durch deren Oeffnung durchgesteckt oder sonstwie festgehalten. Die zum Oberdrachen führende Schnur sitzt mit einem Knoten auf dem Draht *rs*; die zum Hauptdrachen führende greift sowohl durch die Schlinge der Reissschnur, als durch diejenige der stärkeren und etwas längeren Reserveschnur, die beide durch die Oeffnung der Kausch gehen. Beide Drachen hängen zunächst nur an der Reissschnur; steigt der Gesamtzug beider Drachen über die doppelte Zerreissfestigkeit der Reissschnur, so reisst diese, die zum Oberdrachen führende Schnur gleitet vom Draht und dieser Drache fliegt ab, während der Zug des Hauptdrachen, in dem sich das Instrument befindet, von der Reserveleine aufgenommen wird. Hat z. B. der Stahldraht der Leine 90 kg Zerreissfestigkeit und wollen wir mit $^3/_2$ Sicherheit arbeiten, so müssen wir eine Reissschnur nehmen, deren Festigkeit 30 kg beträgt und die also, doppelt genommen, bei ca. 60 kg reisst. Uebt nun der obere Drache, weil er halb so gross ist, wie der untere, die Hälfte von dessen Zug aus, so sinkt, wenn die Schnur unter einem Zuge von 60 kg reisst, der Zug auf 40 kg, und es ist nun wenig wahrscheinlich, dass er noch bis nahe an die Grenze der Zerreissfestigkeit des Drahtes steigen könne.

Hält man die Zerreissfestigkeit einer Schnur für allzu veränderlich für diesen Zweck, so kann man an die Stelle der Schnur eine Feder setzen, die die beiden Drachenleinen hält und die des oberen freigiebt, wenn sie sich bis über das Ende des Drahtes *rs* ausgedehnt hat. Wird die Leine zum Oberdrachen um einen Theil des Hauptdrachens herumgeführt, besteht sie also unten aus zwei Zweigen, so ist es zweckmässig, die einfache Schnur des Oberdrachens mit einem Ringe endigen zu lassen und durch diesen den untersten doppelten Theil so durchzustecken, dass er beim Abgleiten des Knotens vom Drahte *rs* durch diesen Ring durchschlüpft, aber mit seinem anderen Ende an der Kausch bezw. dem Hauptdrachen hängen bleibt. Natürlich muss der Oberdrache mit dem Aufdruck einer Belohnung für den Wiederbringer versehen sein.

Für die Hilfsdrachen, die zum Tragen des Drahts weit unter seinem Ende angebracht werden, ist das Eddy'sche System wohl ohne weiteres angezeigt. Eine Durchführung der Leine durch den Drachen würde hier entweder ein Zerschneiden des Drahts oder Schwierigkeiten beim Bau des Drachens bedingen. Zudem können diese Drachen auch nach dem Eddy'schen System im Falle eintretender Windstille am Boden durch die oberen an kurzer Leine bis in eine Windströmung emporgetragen werden und hier ihre richtige Lage annehmen. Im Falle die Windrichtung erheblich mit der Höhe sich ändert, lässt die Eddy'sche Koppelung jeden Drachen sich frei nach dem örtlichen Winde einstellen. Die angefügten Hilfsdrachen dürfen keinen Schwanz haben, da dieser sich in dem Hauptdraht verwickeln würde. Auch dürfen die Nebendrachen keinerlei Stellen haben, in denen sich der Hauptdraht verfangen könnte, sondern müssen von diesem bei Berührung frei abgleiten.

Das Anheften von Zweigleinen an den glatten Stahldraht erfordert besondere Vorrichtungen. Dieselben müssen auch unter grossem Zuge nicht nachgeben, den Draht nicht beschädigen und sich schnell festmachen und wieder ablösen lassen. Bei meinen Versuchen habe ich anfangs zu diesem Zweck abgeschnittene Flaschenhälse mit dem bekannten Patentverschluss verwendet; diese lassen sich zwar schnell anklemmen und abnehmen, gefährden aber die Festigkeit des Drahtes. Später habe ich es mit dem Auflaschen von Schnurenden auf die Splissungen im Draht versucht; die Enden wurden mittels getheerten Garns auf die rauhe Stelle gelascht und an sie dann der Nebendrache gebunden. Analog, aber zweckmässiger, verfuhr das

Digitized by Google

Washingtoner Weather Bureau, indem es die Enden der beiden zu verbindenden Drähte, statt sie zu splissen, um dieselbe kleine Kausch legte und damit eine in beliebigem Winkel biegsame Verbindung dieser Drähte herstellte, in die Kausch aber die Zweigleine zum Nebendrachen einband.

Für kleinere Aufstiege mit Handbetrieb ist dieses System auch nach den hiesigen Erfahrungen recht zweckmässig. So ist in den 5 Aufstiegen während der Tage vom 4. bis 6. September 1901 jedesmal an eine 1150 m vom oberen Ende eingesplisste kleine Kausch ein Hülfsdrache von 2 qm Tragfläche angehängt worden, der den Abgangswinkel um 3° bis 16° hob und den Zug um einige kg vermehrte. Beim Aufwinden des Drahtes wurde diese Kausch hart an den Rand der Trommel gelegt und kein Draht über dieselbe gewickelt, sondern dieser Rand beim weiteren Aufwickeln gemieden; so wurde keinerlei Schädigung des Drahtes durch die Kausch möglich; 1 bis 2 km Draht finden ganz gut auf diese Art neben der Kausch Platz; als Unterlage des Drahtes könnte bei grosser Spannung die Kausch aber in der That den Draht beschädigen. Für noch zweckmässiger würde ich es allerdings ansehen, die beiden Drahtenden über zwei verschiedene Kauschen zu splissen und diese in trennbarer Weise zu verbinden (vergl. Abschnitt: kombinirbare Leine).

Bei diesen Befestigungsweisen können indessen Hilfsdrachen nur an wenigen vorher bestimmten Stellen der Leine angefügt werden. Im Herbst 1899 habe ich, auf den Rath von Herrn Teisserenc de Bort, die in Fig. 83 dargestellte Schraubenklemme aus einer oberen Aluminium- und einer unteren Messingplatte anfertigen lassen, zwischen die der Hauptdraht und das Endauge des Nebendrahtes geklemmt werden. Das Gewicht dieser Klemme beträgt 10 bis 11 g. Auf dem Blue Hill wird eine ähnliche, aber etwas komplizirter gestaltete Klemme angewendet, die wiederholt beschrieben und abgebildet worden ist. Die oben dargestellte habe ich oft gebraucht; nachdem aber am 5. Dezember 1899 während des Fluges der Draht am Ausgang einer solchen Klemme gebrochen ist, habe ich, einer Idee von Prof. Max Möller folgend, zwei solche Klemmen mit einem Verbindungsstück benutzt, das durch seinen Bau nur stetige Krümmung und keinen Knick zulässt. Es besteht nämlich aus einem ca. 30 cm langen, mit einem Auge an jedem Ende versehenen Draht, an welchen mehrere stufenweis kürzere Drähte angepresst sind; das ganze habe ich mit gepichtem Garn bekleiden und dabei in der Mitte eine Schnur von 3 mm Durchmesser und ca. 40 cm Länge einsplissen lassen, zum Anbinden der Leine des Nebendrachens. Man kann diese Schnur auch in ein paar Schlingen um den Hauptdraht herumlegen; Fig. 84 zeigt das Aussehen und die Anwendung dieser Klemme.

Die Schrauben an diesen Klemmen müssen so scharf angezogen werden, dass sich der Draht in die Aluminiumplatte hineinpresst, andernfalls gleitet durch den starken Zug des Hilfsdrachens die Klemme aufwärts bis zum ersten Hinderniss, also eventuell bis zur obersten Kausch. Der Prozess des Anheftens ist daher etwas umständlich, um so mehr, als das Festschrauben und Lösen mit gewöhnlichem Schraubenzieher schwierig und nicht ungefährlich ist, weil es ohne Stütze in der Luft geschehen muss; ich habe mir einen geeigneten Schraubenzieher erst dazu herstellen lassen.

Neuerdings ist diese Frage der Anheftung von Nebendrachen an den Draht in völlig befriedigender Weise durch Herrn Knopp, Assistent auf dem Aeronautischen Observatorium zu Berlin-Tegel gelöst worden. Die Klemmung des Drahtes geschieht in der von ihm erfundenen Vorrichtung nur durch den Zug der Drachen selbst; wird dieser Zug aufgehoben, so ist die Klemmung, die nur in der Nöthigung des Drahtes zu einer leichten S-förmigen Biegung besteht, aufgehoben. Die Klemme des Herrn Knopp lässt sich deshalb fast momentan ansetzen und auch wieder entfernen, was besonders zu Zeiten, wenn die Drachen fallen und nur durch rasches Einholen zu halten sind, sehr wichtig ist.

Bei den Drachenversuchen der Seewarte habe ich, wenn mehrere Drachen zur Verwendung kamen, 1898 fast ausschliesslich Eddy's System der Zweigleinen angewendet, 1899 aber sehr oft an die Spitze ein Gespann von 2 bis 4, in Abständen von 20 bis 60 m, hintereinander geschalteten Drachen gestellt, deren jeder mit einer oder zwei Schnüren an den nächst niedrigeren, wie in Fig. 25, gefesselt war. Diese Methode lässt einem grössere Freiheit gegenüber der wechselnden Richtung und Stärke des Windes und bietet manche Bequemlichkeit in der Hantierung mit Drachenflächen von insgesamt 5 bis 10 qm. Bei Malay-Drachen ist die Zusammenfügung stets so geschehen, dass eine stärkere Schnur zwischen zwei Punkten nahe den Kopfenden und eine schwächere zwischen zwei solchen in der Nähe der Schwanzenden der Drachen gezogen wurden. Man hat dann die Sicherheit, dass die Druckpunkte an beiden Drachen zwischen diesen Schnüren liegen, und ihr Flug durch die Fesselung nicht durchgreifend gestört wird. Die Schwanzschnur muss ½ oder 1 m länger sein, als die Kopfschnur. Bei dieser Anordnung können die Drachen beliebige Form und Anhängsel haben, da eine Verwickelung mit der Schnur beim Fliegen kaum in Frage kommt. Die Anbringung

Digitized by Google

eines Schwanzes an anderen Drachen als dem obersten, hat sich indessen als zwecklos erwiesen; nur beim obersten ist sie durchaus rathsam.

Ist die Neigung der Drachen, bei starkem Winde seitwärts auszuweichen, von zufälligen wechselnden Umständen bedingt, so muss sie bei zwei verschiedenen Gliedern des Gespannes ebenso oft in gleichem, wie in entgegengesetztem Sinne eintreten; sie müsste also, wenn die einzelnen Drachen in gleichem Maasse die Stellung des Gespannes bestimmten, bei zwei Drachen in der Hälfte, bei dreien in $^3/_4$ der Fälle, sich durch Interferenz abschwächen. In den meisten Fällen wird aber schon eine theilweise Aufhebung des Ausweichens genügen, um das Niederschiessen des Gespanns zu verhindern, da ja nur die Fälle kritisch sind, die eine gewisse Grenze überschreiten.

Die Erfahrung zeigt aber, dass bei hinter einander gespannten Drachen die Neigung des jeweils oberen bedeutend stärker bestimmend wirkt für die Abweichung des Gespanns, als die des jeweils unteren, und dass man deshalb, um jene theilweise Ausgleichung zu erhalten, den obersten Drachen kleiner, nur etwa halb so gross nehmen muss, wie den mittleren, und diesen wiederum kleiner, als den untersten, wenn man 3 Drachen verwendet. Da bei ungleich grossen Drachen wahrscheinlich auch die Dauer der Schwankungen ungleich ist, so darf man um so mehr auf eine Wiederaufrichtung vor der Katastrophe hoffen.

Das System, die Drachen einzeln an Zweigleinen fliegen zu lassen, ist für die oberste Spitze des ganzen Gespanns nicht zu empfehlen, obwohl es, nach dem älteren Vorgange des Blue Hills, in Trappes und in Berlin-Tegel bis jetzt stets gebraucht wird.*) Denn während die unteren Hilfsdrachen aus doppeltem Grunde in der Regel weit vom Hauptdraht fliegen, nämlich weil ihre Leine unter einem steileren Winkel zum Horizont ansteigt und weil sie in einer ganz anderen Luftschicht mit meist merklich anderer Windrichtung sich befinden, als die höheren, ist dieses bei den Drachen an der Spitze nicht der Fall; weder ihre Höhe noch das Gewicht der Leine, die sie zu tragen haben, sind erheblich verschieden, und wenn sie divergiren, so ist dies nur Unvollkommenheiten in ihrem Bau zuzuschreiben. Je genauer also die Drachen hergestellt werden, desto dichter beieinander fliegen diese beiden obersten und desto mehr reibt sich die Leine des ersten am Gestell des zweiten. Fast bei jeder dieser Berührungen schlägt der zweite Drache, unter ruckweisem Anziehen und Nachlassen der Hauptleine, um, und dieses Scheuern zwischen Drachen und Leine kann so stark werden, dass beide schwer beschädigt werden, ja sogar der Drache zerbrochen wird und fällt, wie ich dies aus eigener Wahrnehmung konstatiren kann. Es ist begreiflich, dass im Anfang, wo die Drachen minder genau gebaut waren und deshalb stets verschieden flogen, dieser Uebelstand nicht hervorgetreten ist. Es liegt aber kein triftiger Grund vor, dieses System jetzt beizubehalten, da sich Hargrave's und Baden-Powell's System der Koppelung der obersten Drachen hinter- statt nebeneinander, und Marvin's System der Anbringung des Meteorographs im Hauptdrachen selbst, statt an der Kausch, in allen Hinsichten vortheilhafter erweisen.

Wie im zweiten Kapitel (S. 23—24) dargelegt, ist das von Teisserenc de Bort eingeführte System, mit der Anbringung weiterer Hilfsdrachen zu grösseren Drahtstärken überzugehen, unbedingt rationell. Gerade bei diesem System empfiehlt sich aber die Anwendung weniger, ziemlich grosser Drachen, wie sie auf dem Blue Hill Brauch ist, mehr, als diejenige so vieler kleinerer, wie sie in Trappes üblich ist. Denn das Emporlassen und Landen eines jeden derselben bedingt Zeitaufwand, vermehrtes Risiko und Personal. Ein grosser Drache (6 — 8 qm) unter einem kleineren (2—4 qm) an der Spitze, dann 2—3 km nichts und weiter in Abständen von 1—2 km Hilfsdrachen von 2—4 qm, die grösseren nur dort, wo ein Uebergang zu stärkerer Drahtsorte stattfindet, dies scheint die vortheilhafteste Anordnung.

Arbeitet man mit kombinirbarer Leine, d. h. mit mehreren Stücken an beiden Enden mit Kauschen versehenen Drahtes, die nach Bedarf verbunden werden können (s. S. 74), so setzt man, wie auf S. 22 angegeben, den Vorläufer von 500 m bei starkem Winde direkt an den stärkeren Draht der breiten Trommelhälfte (S. 76), bei schwachem aber an den ca. 1800 m langen dünneren Draht der schmalen Trommelhälfte; ist letzterer abgelaufen und will man den Versuch weiter führen, so nimmt man dessen Endkausch aus dem Einschnitt in *r* (Fig. 75, S. 76) heraus und bindet sie an die freie Endkausch des stärkeren Drahtes der anderen Trommelhälfte, an die man gleichzeitig einen Hülfsdrachen von ca. 4 qm befestigt. Natürlich muss dazu die Winde so eingerichtet sein, dass die Kauschen überall frei passiren können.

*) Dies geschieht meistens so, dass zwei Drachen mit Hülfe von Schnur- oder Kabel-Vorläufern etwas verschiedener Länge an dieselbe Endkausch des Drahtes befestigt werden.

Digitized by Google

Der Meteorograph wird auf dem Blue Hill und in Trappes gewöhnlich unterhalb des Drachens, 30 bis 200 oder mehr Meter von diesem, an die Hauptleine angehängt; und zwar entweder an die das Ende des Hauptdrahtes bildende Kausch, in der auch die Zweigleinen der beiden obersten Drachen befestigt sind, oder unterhalb dieser an einer beliebigen Stelle des Drahtes mit Hilfe einer Klemme. Im Washingtoner System dagegen wird der Meteorograph, dessen Gehäuse hierzu besonders angepasst ist, in dem Kastendrachen selbst, an die Innenseite der oberen Mittelstange zwischen den Zellen befestigt.

Als Nachtheile dieser letzteren Unterbringung kann man anführen, dass der Drache durch das Instrument um 1 kg schwerer wird, somit mehr Wind zum ersten Aufstieg brauchen muss, eventuell auch beim Niederfallen sich stärker beschädigt, und dass in einer unwirthlichen Gegend unter Umständen es besser ist, wenn bei einem Abreissen des Drachens das Instrument in der Nähe zur Erde stürzt, als wenn es mit dem Drachen davonfliegt. Aber die Erfahrung zeigt, dass der Unterschied in der Windgeschwindigkeit für die Grenze des Steigens nur in einem kleinen Bruchtheil eines Meters pro Sek. besteht, und dass man das Aufsteigen und Landen durch einen, den Instrumentdrachen tragenden oberen Drachen nach Wunsch erleichtern kann; und in der Mehrzahl der Fälle wird man es sicher vorziehen, das Instrument unbeschädigt mit dem Drachen in einer Entfernung landen zu lassen, die das 2- bis 4-fache der Länge des Drahts (bezw. das 4- bis 8-fache seiner Höhe) beträgt, als es zertrümmert in $^1/_4$ dieser Entfernung zu finden. Denn nur wenn die Drachen sich während des Fluges wiederholt an sehr langer Leine verankern und wieder steigen, ehe sie sich zu erneuter Weiterfahrt losreissen (wie dies bei der 140 km langen Schleppfahrt der Berliner Drachen nach der Lausitz geschehen ist), können sie viel grössere als die eben angegebenen Strecken zurücklegen. Bei den Drachenversuchen der Seewarte ist der Meteorograph, seit er im Drachen angebracht wird, zwar wiederholt mit diesem auf längere oder kürzere Strecken weggeflogen, ohne aber je einer Reparatur zu bedürfen; dasselbe wird vom Washingtoner Stationsnetz berichtet, obwohl Drache und Instrument dort in einigen Fällen erst nach Tagen gefunden wurden. Dagegen hat der Meteorograph, wenn er unter dem Drachen aufgehängt war, hier schon mehrmals schwere Beschädigungen erlitten; einmal durch Anstossen an eine Dachecke, einmal sogar durch Sturz aus 600 m Höhe auf Steinpflaster; es ist übrigens zu verwundern, dass auch im letzteren Falle keiner der wesentlichen Theile gebrochen, sondern nur das Gestell arg verbeult war, so dass die Reparatur nur ca. 20 *M.* kostete. Die von mir 1899 befolgte Methode, das Instrument erst dann mittels einer Klemme am Draht zu befestigen, wenn der Drache bezw. das Gespann zum guten „Stehen" gekommen ist, hat zwar einige Vortheile, bringt aber zu allem anderen auch noch eine Gefährdung der Anheftungsstelle mit sich — wenn diese auch wohl kleiner ist, als beim Anheften eines Hilfsdrachens. Dass beim Anhängen des Instruments unterhalb des Drachens nicht die ganze Höhe des Aufstiegs für die Beobachtung ausgenutzt wird, ist ein zwar kleinerer, aber immerhin auch ein Uebelstand, um so mehr, als das oberste Stück der Leine ja das steilste und also das am meisten Höhengewinn bringende ist.

Eine dritte Methode, die in neuerer Zeit auf dem Blue Hill angewendet worden ist (vergl. Blue Hill-Bulletin No. 3, 1899), nämlich das Instrument an 15 bis 20 m langer Leine vom hinteren Rande der Vorderzelle des Hargrave-Drachens herabhängen zu lassen, scheint mir mehr die Nachtheile als die Vortheile beider Methoden zu verbinden.

Hat man mehrere Meteorographen zur Verfügung, so kann durch die Anbringung eines zweiten solchen einige Hundert oder Tausend Meter unter dem ersten der Werth des Aufstiegs noch bedeutend erhöht werden. Auch diesen kann man entweder an die Leine hängen oder in einem Nebendrachen anbringen.

Bei Verwendung von Hargrave-Drachen und Malay-Drachen habe ich, je nach der Windstärke, die in den Fig. 85a, b, c dargestellten Kombinationen zweckmässig befunden und viel angewendet. Die angegebenen Windgeschwindigkeiten beziehen sich auf den Thurm der Seewarte (28 m über dem Boden, 58 m über der Elbe); auf dem Drachenplatz ist in 2 m Höhe die Geschwindigkeit nur $^2/_3$ der hier angegebenen. Die Vierecke bedeuten Hargrave-, die Dreiecke Malay-Drachen, letztere ohne oder mit Schwanz; der schwarze Punkt bedeutet das Instrument; neben den Drachen ist deren Tragfläche, nach der gewöhnlichen Berechnungsweise, angegeben. Bei sehr schwachen Winden musste von der Verwendung des grossen (6 qm) Drachens abgesehen werden, weil der Malay-Drache ihn nicht aufheben konnte; vielmehr wurde diesem zuerst ein kleiner Hargrave nachgesandt, und dann mit dessen Hülfe noch ein 4 qm messender; bei Winden über 9 m pro Sek. wurde wiederum, aber aus anderem Grunde, entweder auf den 6 qm Drachen verzichtet oder letzterer allein hinaufgesandt, um unter den jetzigen Verhältnissen der Station kein Risiko zu laufen,

Digitized by Google

und weder den Draht noch die Arbeiter (Handbetrieb!) zu überanstrengen. Auf die Erreichung grosser Höhen musste dabei natürlich verzichtet werden; sobald die Station an eine minder verkehrsreiche Stelle aus dem Bereich der elektrischen Bahnen hinausverlegt und ein Motor eingestellt sein wird, werden die Gespanne grösser werden.

Ich hoffe, dass Treppen- oder Treppen-Kasten-Drachen sowohl an die Stelle der Malay-, als an jene der Hargrave-Drachen werden treten können, entscheidendes lässt sich aber zur Zeit darüber noch nicht sagen. Bei den bisher von mir verwendeten gemischten Gespannen ist es häufig vorgekommen, dass beim Höherkommen in stärkeren Wind der führende Malay-Drache unruhig oder zeitweise sogar ganz herabgedrückt wurde, der Hargrave-Drache darunter aber seine Ruhe bewahrte; auf dem Abstieg aber der Malay von einer gewissen Höhe ab wieder sich beruhigte und schliesslich er fast allein den Hargrave, nachdem dieser den Wind verloren hatte, noch trug; so dass jeder von beiden seine Aufgabe in einem bestimmten Theile des Aufstiegs zu erfüllen hatte und auch erfüllte.

d) ***Verhütung von Unfällen und Verhalten bei solchen.*** Unfälle mit den Drachen bedingen so viel Zeitverlust, Mühe und Kosten oder unangenehme Verantwortung, dass es das eifrige Streben jedes Experimentators sein muss, sie thunlichst zu vermeiden. Besonders in und bei Städten mit grossem Verkehr, wo der Draht Unfälle in diesem hervorrufen kann, darf nicht viel riskirt werden; auf dem Lande ist dieses weniger bedenklich.

Es würde sehr werthvoll sein, eine Statistik der bis jetzt vorgekommenen Unfälle zu besitzen, die die Drachen selbst betroffen haben oder durch sie angerichtet worden sind. Es ist aber wenig Aussicht vorhanden, eine solche zu erhalten, und ein jeder muss sich daher auf seine eigene beschränkte Erfahrung und das wenige von ihm Gehörte stützen.

Eine nennenswerthe Schädigung anderer an Person oder Eigenthum kann nicht durch die Drachen, sondern nur durch den Draht bewirkt werden. Bekannt geworden sind bis jetzt nur zwei Fälle, eine mechanische Verletzung in Berlin — Umschlingung des Beines von einem Knaben durch den nachgeschleppten Draht eines fortgeflogenen Drachengespanns — und eine durch den elektrischen Strom einer Strassenbahnleitung in Hamburg, ebenfalls durch nachgeschleppten Draht, der sich 5 km vom Drachenplatz über eine solche Leitung legte und zwei Pferde vorübergehend arbeitsunfähig machte.

Unfälle bei Drachenaufstiegen beruhen gewöhnlich entweder auf dem Reissen der Leine an irgend einem Punkte oder auf dem Verluste der Stabilität der Drachen bei starkem Winde, wobei diese nach mehr oder weniger stürmischen, schaukelnden oder sogar kreisenden Bewegungen zu Boden schiessen oder langsamer zu Boden gedrückt werden. Viel seltener geschieht es, dass ein Drache wegen zu schwacher Bauart in der Luft zerbricht oder zerreisst und dadurch zu Fall kommt. Es kommt also hauptsächlich darauf an, 1) die Stabilität der Drachen durch zweckmässige Form und durch Sicherung vor Verbiegungen zu sichern, und 2) alle Theile der Leine stark genug zu nehmen und aufs sorgfältigste frei vor jeder Schwächung zu bewahren. Zu letzterem Zweck empfiehlt es sich a) den relativ schwersten Theil der Leine, die Schnüre des Vorläufers und der Bucht, nur kurz zu nehmen, da man ihn dann so stark wählen kann, dass bei guten Knoten ein Reissen in diesem Theile ausgeschlossen ist. Alsdann bleibt zu beachten, dass jeder Punkt des Drahts vor Rost und vor Knicken geschützt werden muss, ersteres indem man ihn beständig, namentlich wenn er nicht verzinkt ist und während er auf dem Haspel sitzt, in einer Oelhülle erhält, letzteres indem man das freie Ende des Drahtes, das am häufigsten am Anfang und Ende jedes Aufstiegs ausser Spannung kommt, abschneidet, sobald ein Knick darin sich nicht hat vermeiden lassen, und indem man den Klemmen für die Nebendrachen und das Instrument besondere Sorgfalt zuwendet. Als Deckmittel für den Draht scheint Paraffin oder weisse Vaseline — Gemisch einer Modifikation des Paraffins mit einem Mineralöl — sich am meisten zu empfehlen. Grosse Vorsicht ist auch auf die Splissungen im Draht zu verwenden, in denen übrigens bei den Versuchen der Seewarte noch kein Bruch vorgekommen ist.

Ferner muss sowohl der Eintritt übermässiger Spannung des Drahtes, als die Gefährdung einzelner Stellen desselben durch scharfe Biegungen thunlichst verhindert werden. Arbeitet man mit wechselnden Drachengrössen und verschiedenen Drahtdicken, so ist das vorsichtige Abwägen derselben gegeneinander und nach den Windstärken, wie in Abschnitt 2 dargestellt ist, ein Haupterforderniss zur Erreichung guter Aufstiege ohne Unfälle; bei der veränderlichen Natur des Windes ist aber bei aller Vorsicht ein gefährliches Anwachsen der Spannung nicht auszuschliessen. In dieser Hinsicht sind die elastische Bucht (s. S. 65)

Digitized by Google

und der sich selbstthätig ablösende Oberdrache (s. S. 87) wichtige Sicherheitsmaassregeln. Da die Spannung durch rasches Einholen vergrössert wird, so muss man, wenn die Spannungen gross werden, hauptsächlich die Zeiten, wo sie nachlassen, zum Einholen ausnutzen. Vor Gewittern sind die Drachen immer thunlichst zu bergen, weil ein Blitzschlag in den Drachen den Draht in feurigen Dampf auflöst, wie dies in Amerika vorgekommen sein soll.

Scharfe Biegungen kommen am ehesten an den Befestigungsstellen von Zweigleinen oder bei Splissungen vor. Herr Teisserenc de Bort hat mir gegenüber die Ansicht ausgesprochen, dass es die an diesen Stellen stattfindende Unterbrechung der regelmässigen Vibrationen des Drahtes*) sei, die eine Lösung des inneren Zusammenhanges seiner Theilchen bewirke. Mir selbst erscheint es aber wahrscheinlicher, dass die Ursache in Knickungen des Drahtes zu suchen ist. Kann man doch den härtesten Stahldraht durch wiederholtes Biegen mit der Zange oder selbst mit den Fingern abknicken. Am 5. Dezember 1899 ist der 0.8 mm starke Hauptdraht dicht oberhalb der Klemme, an der das Instrument hing, anscheinend infolge der Schwankungen des letzteren, abgeknickt. Auch bei Anbringung des obersten Instruments im Drachen bleiben ähnliche Gefahren beim Anklemmen von Nebendrachen oder eines unteren Instruments bestehen. Die Anwendung der oben erwähnten Knopp'schen Klemme, deren Beschreibung wir demnächst vom Königl. Preuss. Aeronaut. Observatorium erwarten dürfen, wird dieselben gering machen und zugleich die Hantierung beschleunigen.

Muss man das Instrument an die Leine hängen, so empfiehlt es sich, einen Schutz gegen Stösse an demselben anzubringen. Es braucht dies nicht gerade eine ganze Korbhülle zu sein, auch drei elastische Stangen nach den drei Richtungen des Raumes genügen, um einen Theil von der Gewalt des Stosses abzumildern; die Erfahrung zeigt, dass selbst das ungeschützte Instrument viel mehr verträgt, als man von seinem zarten Bau erwarten sollte. Sind die Enden dieser Stangen durch Bäusche gedeckt und durch Schnüre verbunden, so ist auch die Gefahr, dass das herabfallende Instrument eine Person beschädigen werde, nicht gross.

Wenn ein Drache mit einem beträchtlichen Stück von der Leine fortfliegt, so kommt bei seinem allmählichen Sinken naturgemäss diese viel früher in Berührung mit dem Erdboden, als der Drache selbst. Besteht sie aus Schnur, so schlingt sie sich bald um irgend ein Hinderniss und der Drache bleibt schweben, ist weithin sichtbar und kann leicht geborgen werden. Glatter Draht dagegen gleitet über diese Hindernisse hinweg, legt sich beim Fallen des Drachens auf den Boden und kann hier Unheil anrichten und zugleich selbst unbrauchbar werden. Es wird sich daher unter Umständen empfehlen, im oberen Theile des Hauptdrahts — nur dieser Theil kommt in Frage, da die Spannung nach unten zu abnimmt — einen oder mehrere kleine Anker anzubringen, namentlich über gefährdet erscheinenden Stellen. Fig. 86 zeigt einen solchen Anker: *h* ist der Hauptdraht, *k* eine der S. 88 beschriebenen Klemmen, *a* das als Anker dienende Stück Stahldraht, das zu einer Schlinge gebogen ist und ausserdem die Schnur *s* trägt. Es ist freilich schwer zu sagen, ob man ein solches Festhaken mehr wünschen oder fürchten soll. Geschieht es in der Nähe und dauernd genug, so enthebt es einen freilich so gut wie aller Sorge. Schon mehrmals ist so in Hamburg ein fortgeflogener Drache, der sich in geringer Entfernung an einem Zaune oder dergl. verankert hatte, fliegend ohne Schaden zurückgeholt worden. Findet aber ein immer erneutes Verankern und Wiederlosreissen statt, so kann die Reise des Gespanns, wie die Berliner Erfahrung vom 26. Juli 1900 zeigt, auf abenteuerliche Entfernungen ausgedehnt werden und die Gefahr für allerhand Unfälle während derselben ist nicht unbedeutend.

Selbstverständlich müssen alle oder doch einige Drachen des Gespanns eine Aufschrift tragen, die angiebt, wo sie abzugeben sind oder welche Stelle zu benachrichtigen ist, und eine Belohnung hierfür verspricht. Auf die Drachen der Seewarte wird ein auf Leinwand deutlich gedrucktes Plakat dieses Inhalts aufgenäht; seit dieses geschieht, ist kein Drache verloren gegangen, sondern stets sehr rasch der Drache oder Nachricht von ihm überbracht worden.

Reisst die Leine und sieht man den oder die Drachen fortfliegen, so hat man sich, wenn sie ausser Sicht kommen, zwar die Richtung ihres Fluges zu merken, aber seine Aufmerksamkeit zunächst der Bergung des Instruments und des Drahtes zuzuwenden. Werden beide noch von einem Drachen getragen, so holt

*) Der Draht giebt, wenn er unter starker Spannung ist und mehrere hundert Meter von ihm ausstehen, fast stets ein mehr oder weniger schrilles Summen von sich.

Digitized by Google

man sie vorsichtig ein; liegen sie am Boden, so muss eine Person den Draht so weit als möglich verfolgen, wenn thunlich, das Instrument bergen, und dann den Draht in Spannung erhalten, während eine zweite Person ihn vorsichtig auf der Haspel aufwindet. Sachverständige Hülfe ist in solchen Momenten ganz besonders erwünscht. Am unangenehmsten ist die Lage, wenn der Draht über Wege oder über Wiesen, wo Vieh weidet, fällt; in diesem Falle kann man zuweilen Zuschauer, besonders Knaben, zur Bewachung des Drahtes bis zu seiner Einholung benutzen; geht Vieh über den Draht, so ist die Bildung von Kinken fast unvermeidlich, liegt der Draht über einen Weg, so können noch unangenehmere Folgen durch Verletzung von Pferden oder Fussgängern entstehen. Die Bergung des Drahtes kann man unter Umständen beschleunigen, wenn man den lose liegenden Draht mit zwei Händen in losen Ringen von möglichst gleichmässigem Durchmesser zusammenfasst. Bei umsichtiger Behandlung kann man ihn so ohne die höchst störende Torsion zu einem Kranz legen und später aufwinden.

Was den fortgeflogenen Drachen betrifft, so wird man in belebter Gegend gewöhnlich am besten thun, zunächst einfach die Nachricht von dessen Auffindung abzuwarten, die in der Regel nach wenigen Stunden schon eintrifft — vorausgesetzt, dass eine genügende Aufschrift auf dem Drachen ist. Wenn man freilich sieht, dass der Drache sich verankert hat, oder guten Grund hat anzunehmen, dass er dies ausser Sichtweite gethan hat, wird man natürlich Sorge tragen, dass sich Jemand auf die Suche nach dem Drachen begiebt, sobald einer beim Bergen des Drahtes entbehrt werden kann. Dass bei diesem Suchen das Telephon sehr gute Dienste leisten kann, wenn ein solches auf dem Drachenplatze ist, hat sich in Berlin bei Gelegenheit des Unfalles vom 26. Juli 1900 gezeigt. Der Suchende muss, bis er die Spur des Flüchtlings gefunden hat, immer wieder auf der Drachenstation anfragen, ob keine Nachricht über diesen dorthin gelangt ist. Wie man am besten verfährt, wenn ein Drachengespann mit vielen hundert Metern Draht auf einem mehrere km entfernten Dache oder dergl. sich verankert hat, vermag ich freilich nicht zu sagen, weil der Fall mir noch nicht vorgekommen ist. Jedenfalls wird man gut thun, beim Aufbruch auf die Suche nach dem Drachen starke Schnur, die Landungsrolle und einige Klemmen mitzunehmen, da man nur mit ihrer Hilfe den Draht fest fassen kann. Auch wird es gut sein, für alle Fälle eine transportable leichte, aber feste Trommel mit Kurbeln zu haben, die passend verankert werden kann, um den Draht darauf aufzuwinden; diese würde man im Bedarfsfalle von der Drachenstation herbeiholen können.

Sind die Drachen nicht abgerissen, sondern herabgefallen, so sucht man vor allem, nachdem man die Drachen abgelöst und den Meteorograph in Sicherheit gebracht hat, den Draht regelrecht auf den Haspel zu bringen.

Da der Bruch einer oder der andern Leiste beim Landen der Drachen ein häufiges und unvermeidliches Vorkommniss ist, so ist es wichtig, die Drachen so zu bauen, dass ihre Reparaturen möglichst wenig Zeit kosten, auch wenn die Konstruktion selbst dadurch etwas umständlicher wird. Deshalb ziehe ich das System des Marvin-Drachens, in welchem alle Drähte feste Längen haben und mit Augen an den Enden versehen sind, die in einem Augenblick von ihren Heftstellen gelöst und wieder auf diese gebracht werden können, und wenigstens die Längsstöcke jeder einzeln durch Lösen von Schrauben herausgenommen werden können, allen anderen, im Bau einfacheren, Systemen vor, bei denen im Falle einer Reparatur ein viel stärkeres Lösen und Wieder-Anpassen der Theile erforderlich ist. Bei der „Froschform“ meines neuen Treppendrachens habe ich jenes System dahin erweitert, dass ausser den 4 so angeschraubten Leisten fast garkeine brechbaren Theile vorhanden sind. Ein Bruch von Drähten im Drachen ist im Betriebe der Seewarte nur in sehr wenigen Fällen vorgekommen, z. Th. daher, weil die Drähte recht stark, nämlich 0.7 mm, genommen sind, grösstentheils von havarirten Theilen der Drachenleine. Der Unterschied im Luftwiderstand und im Gewicht bei dünneren Drähten ist, wie ich glaube, diesem Vortheil gegenüber belanglos.

Liegt eine einfache Knickung im Holz oder ein langer Bruch vor, so wird man gewöhnlich schneller und ebenso gut zum Ziele kommen, wenn man den betr. Stock nicht ersetzt, sondern durch Auflaschen eines passenden Holzstücks zurecht macht. Das richtige Laschen ist eine Seemannskunst, die man im allgemeinen nur durch Absehen und Uebung erlernen kann. Umständliche Beschreibungen würden hier wenig nützen.

Digitized by Google

8. Abschnitt.

Das Instrumentarium.

An messenden Instrumenten sind, abgesehen von Metermaass, Transporteur und Waage, im Betriebe der Drachenstation erforderlich solche zur Messung der Höhe des Drachens, der Spannung im Draht und, vor allem, der meteorologischen Elemente.

Passende Waagen habe ich im Handel nicht finden können und habe sie mir in folgender Weise hergestellt. Erforderlich ist eine Waage zum Anhängen von sperrigen Gegenständen — Drachen, Stangen etc. — im Gewichte von 0.2 bis 5.0 kg, die mindestens bis auf 0.05 kg genau zeigt. Da die käuflichen Federwaagen entweder zu ungenau — 1 kg nur 4 mm Ausschlag — oder nur für kleine Gewichte bis etwa 0.1 kg bestimmt sind, so habe ich mir durch Anwendung eines ungleicharmigen Hebels die Genauigkeit der ersterwähnten Waagen auf das 5-fache oder $2^1/_2$-fache erhöht. An dem leichten Stock hl, Fig. 87, sind bei h und l abwärts, bei f und g aufwärts gerichtete feine Drahtösen angebracht; h wird durch die Schnur hh' — etwa indem man in deren Schleife tritt — abwärts gezogen, f mittels der Federwaage aufwärts; l trägt einen Drahthaken, in den der zu wägende Gegenstand gehängt wird. Da hl 5mal so lang ist, als hf, so ist der Zug in f das fünffache des Gewichts des Gegenstandes; die Zollpfunde auf der Skala der Waage sind dann direkt als 0.1 kg bezw. hunderte von Grammen zu lesen und nur eine Korrektion von −0.06 kg wegen des Momentes des jenseits von g liegenden Hebeltheiles anzubringen; dies ist der Stand des Zeigers bei unbelasteter Waage. Beträgt das Gewicht mehr als 2 kg, so hakt man, um Verbiegung oder Bruch des Hebels zu vermeiden, die Federwaage bei g, statt bei f, ein; 1 Pfund ist dann gleich 200 g minus einer kleineren Korrektion.

Als Dynamometer für die Messung der Spannung im Draht dient ebenfalls eine Feder. Bei den grossen Motorhaspeln funktionirt diese ununterbrochen und zeichnet sie die Spannung sogar auf eine Uhrtrommel auf, nach dem Schema der Fig. 88. Durch die Feder f wird der Draht dd auf seinem Wege zwischen zwei festen Punkten in der Maschine mittels des Rädchens r zur Seite gezogen, um so mehr, je schwächer er gespannt ist.

Bei Handbetrieb genügt es, die Spannung von Zeit zu Zeit zu messen, am einfachsten an den Kurbeln: wegen der Reibung in den Achsenlagern der Trommel und wegen des je nach der Aufwickelung des Drahtes etwas wechselnden Drehungsmoments des Zuges ist diese Messung freilich nicht sehr genau; aber grosse Genauigkeit hat hier auch vorläufig keinen Zweck. Zur Messung kann man eine gewöhnliche starke Federwage benutzen; bequemer aber ist es, wenn, wie an dem Drachenhaspel von Marvin (vgl. oben S. 76) Feder, Zeiger und Skala an einer der Kurbeln angebracht sind, und zur Messung nur die Arretirung des Haspels durch den Haken h (vergl. ebenda) erforderlich ist.

Die Messung der Höhe des Drachens über dem Boden kann, zur Kontrole der Angaben des Aneroids im Meteorograph, am genauesten durch Bestimmung seiner Winkelhöhe mittels Theodolits von zwei Enden einer bekannten Basis geschehen. Dies Verfahren ist aber zu umständlich, um oft wiederholt zu werden; es ist natürlich werthvoll, dass auf dem Blue Hill im Beginn der Drachenversuche seine Resultate mit denjenigen einfacherer Methoden verglichen sind. In der Regel wird man sich, neben den Luftdruckangaben des Meteorographs, mit der Winkelmessung vom Haspel aus, im Zusammenhang mit Feststellung der Länge der Leine und dem Abgangswinkel des Drahts begnügen.

Die Messung dieser Winkel ist nicht allein zur Ableitung der absoluten Höhe des Instruments, sondern auch zur Verfolgung des Verhaltens der Drachen wichtig und ich habe sie daher unzählige Male auch bei den kleineren Versuchen und Drachenproben ausgeführt. Zu diesem Zwecke habe ich mich stets eines Pendelquadranten bedient, zuerst eines selbstgemachten aus einem Holzbrett, nach Art des anfangs auf dem Blue Hill benutzten, später eines vom Mechaniker aus Hartgummi angefertigten (Fig. 90), der auf der Platte die Theilung von 5° zu 5° und auf dem Pendel die ergänzende in 5 Einzelgrade trägt. Man visirt durch ein Loch bei a über einen Knopf bei b. Die Messung ist, so lange der Drache gut sichtbar ist, schnell und bequem und, wenn das Pendel keine Reibung hat, leicht auf halbe Grade genau zu machen. Denselben Quadranten kann man, mit Hülfe eines Einschnitts in die Visirscheibe a und eines kleinen Hakens bei h auch bequem zur Messung des Abgangswinkels des Drahtes gebrauchen; doch ist es zweckmässig, zwei

Digitized by Google

Exemplare davon zu haben, um diese beiden Messungen genau gleichzeitig machen zu können, wenn die Drachen nicht hoch und die Winkel veränderlich sind.

In Marvin's oft erwähnter Instruktion wird für die Messung der Winkelhöhe des Drachens sein Nephoskop empfohlen und für diejenige des Drathwinkels ein sinnreicher Apparat angegeben, bestehend aus einem Bügel von Aluminiumrohr, der sich leicht auf den zum Drachen führenden Draht auflegt, und einem Gradbogen, der mit zwei Rädchen, lose abnehmbar, auf der Achse der Trommel aufsitzt und durch einen Stab mit Gewicht in einer konstanten Lage zur senkrechten gehalten wird in der Weise, dass die Stellung des Bügels am Gradbogen dem Abgangswinkel des Drahtes entspricht. Auch dabei ist der wechselnde Umfang der Drahtoberfläche auf der Trommel störend. Der Bügel sitzt ebenso wie das Zählwerk auf zwei durch Scharnier zu öffnenden Ringen, in denen die Trommelachse sich dreht.

Auch auf dem Blue Hill und in Berlin werden zur Zeit Spiegel-Nephoskope für die Messung der Höhe des Drachens benutzt, in Berlin ausserdem eine elektrische Einrichtung, die den Abgangswinkel des Drahtes von der Höhe des Thurmes zum Haspel überträgt und innerhalb einiger Grade sicher anzeigen soll. Das Nephoskop muss mit Libelle nivellirt werden.

Schätzungen der Winkelhöhe des Drachens sind ganz unzuverlässig, gewöhnlich viel zu hoch. Will man sie ungefähr bestimmen, so muss man wenigstens einen nicht zu kleinen Transporteur anwenden, längs dessen geradem Rande visiren und einen beschwerten Faden aus seinem Mittelpunkt herabhängen lassen, den man zur Messung mit dem Finger in der gewonnenen Lage festhält.

Die Messung der Länge des abgewickelten Drahtes geschieht durch ein Zählwerk, das bei den grösseren Haspeln an einem der Räder, über die der Draht geht, angebracht ist, bei der Handwinde des Washingtoner Instituts aber, die keine solchen Räder hat, auf der Achse der Trommel sitzt, auf die der Draht aufgewunden wird. Dies hat freilich den Uebelstand, dass der Umfang einer Windung nicht konstant und also der Werth einer Umdrehung in Längeneinheiten etwas wechselnd ist; doch kann hierfür eine Korrektion angebracht werden. Das Zählwerk des Washingtoner Systems, das auch auf der Seewarte im Gebrauch ist, sieht man auf Fig. 91; *rr* ist ein doppelter Ring, der sich mit Scharnier öffnen lässt, auf die Trommelachse aufgesetzt, und durch zwei Federn gehalten wird. Das Zählwerk besteht in zwei Zahnrädern mit 100 und 101 Zähnen, die auf gemeinsamer Achse sitzen. Bei 100 Umdrehungen der Schnecke macht das vordere Zahnrad eine volle Umdrehung und verschiebt sich der mit dem hinteren Zahnrad fest verbundene Zeiger um 1 Skalentheil; so werden die Hunderte der Umdrehungen am Stande des Zeigers, die Zehner und Einer an jenem der Marke 0, abgelesen. Rad und Zeiger müssen vor Beginn des Aufstiegs auf 0 stehen; ist die Einstellung ungenau, so kommen Unklarheiten vor, die leicht einen Irrthum um 100 Umläufe bewirken können; auf der Figur ist absichtlich eine solche dargestellt. Der Zeiger zeigt anscheinend schon etwas über 1600 hinaus; da aber die Zehner und Einer, nach der Marke 0 sich als 98er geben, so fehlen noch zwei Umläufe an 1600, und ist 1598 anzuschreiben. Durch Festhalten der zentralen Schraube auf der Rückseite und Lösung der gekerbten Mutter auf der Vorderseite kann man den Zeiger lockern und seine Mitte genau auf den Theilstrich einstellen.

Aus der Drahtlänge und der Winkelhöhe des Drachens ergiebt sich nach der Formel $h = l \sin \varphi$ die Höhe desselben, wenn an diese Länge eine kleine Korrektion wegen ihres „Durchhangs“ angebracht und sie damit auf die gerade Linie zwischen ihren Endpunkten reduzirt wird. Diese Korrektion beträgt je nach dem Winkel, den einerseits die Visirleine zum Drachen und andererseits die Richtung des Drahtes mit dem Horizont bilden, folgende Grösse in Prozenten der Drahtlänge (nach Marvin):

Winkelhöhe des Drachens	Abgangswinkel des Drahtes:															
	0°	5°	10°	12°	14°	16°	18°	20°	22°	24°	26°	28°	30°	35°	40°	45°
25°	2.6	1.7	1.0	0.8	0.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
30°	3.4	2.5	1.6	1.3	1.1	0.9	0.7	0.5	—	—	—	—	—	—	—	—
35°	4.2	3.2	2.4	2.0	1.7	1.4	1.1	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1	—	—	—	—
40°	4.9	3.9	3.0	2.7	2.4	2.1	1.8	1.5	1.2	1.0	0.8	0.6	0.4	0.2	—	—
45°	—	—	—	—	3.0	2.7	2.4	2.0	1.7	1.5	1.3	1.0	0.8	0.4	0.1	—
50°	—	—	—	—	—	—	—	2.6	2.3	2.0	1.8	1.5	1.3	0.8	0.4	0.1
55°	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.8	1.7	1.2	0.8	0.4

Digitized by Google

Meteorologische Instrumente sind sowohl am Erdboden als an dem Drachen vorzusehen, wenn auch zur Vergleichung der in bedeutenden Höhen gefundenen Werthe unbedenklich die auf der 3 km entfernten Zentralstelle der Seewarte gewonnenen Daten herangezogen werden konnten. Vorläufig war die Drachenstation der Seewarte nur mit einem Anemometer (Zschau No. 110) und mit einem Schleuder-Psychrometer ausgerüstet.

Das Anemometer diente dem praktischen Zweck, zu entscheiden, ob die Windstärke zu einem Aufstieg, und für welche Drachen, passend sei, und auf diese Weise unnützen Zeitverlust zu vermeiden. Das Instrument giebt nur Klingelzeichen; ist das Intervall zwischen diesen grösser als 2 Minuten, so ist die Windgeschwindigkeit auf dem Drachenplatz weniger als 4.0 m pro Sek., auf dem Thurme der Seewarte weniger als 6.0 m pro Sekunde, und der Versuch, einen Hargrave-Drachen ohne Vorspann emporzubringen, hat sehr wenig Aussicht auf Erfolg. Liegt das Intervall zwischen 2 und 3 Minuten, so ist der Versuch mit Malay- oder Treppen-Drachen noch lohnend u. s. w. Das Anemometer wird, da der Platz zu wenig Sicherheit gegen dessen Beschädigung bietet, nur zur Messung auf eine eiserne Stange auf dem Dach der Drehbude gesteckt. Bei der definitiven Einrichtung wird für eine weniger umständliche Art der Messung Sorge getragen werden.

Das Psychrometer ist in der auf Fig. 92 gezeigten Weise auf einem zum Schleudern bestimmten Gestell mit Handgriff montirt, welches 1884 nach meiner Angabe vom Herrn Franc von Liechtenstein, damals Mechaniker der Seewarte, hergestellt worden ist. Da dieses Exemplar des Gestells nur für ein einziges Thermometer bestimmt war, so habe ich nur das trockene Thermometer in dasselbe eingesetzt, das feuchte ausserhalb daran gebunden, wodurch auch die Benetzung erleichtert wird. Es wurde im Schatten der Hütte geschwungen, eine Beschirmung gegen Strahlung, wie sie die später von Herrn Prof. Schubert konstruirten ähnlichen Gestelle geben, hatte es nicht, da die lackirten kleinen Schutzbleche, die ich 1884 probirt hatte, mich nicht befriedigt haben. Bei der definitiven Ausgestaltung der Drachenstation an neuer Stelle soll einerseits ein Assmann'scher aspirirter Urania-Meteorograph Aufstellung finden, andererseits eine Thermometer-Aufstellung in englischer Hütte und ein Aspirations-Thermometer in Gebrauch genommen werden.

Der Meteorograph. Die Verwendung der Drachen in der Meteorologie hat ihre Bedeutung erst durch die Konstruktion geeigneter leichter Registrirapparate erhalten, die von den Drachen empor zu tragen sind. Diese hat von den bewährten kompendiösen Barographen und Thermographen von Richard in Paris ihren Ausgang genommen, indem sie unter Beibehaltung des Prinzips deren schwere Theile durch leichtere ersetzt und sie unter Hinzufügung eines Hygrometers und z. Th. auch Anemometers zu einem einzigen Instrument für vier meteorologische Elemente verschmolzen hat. Diese Entwicklung ist an mehreren Stellen zugleich vor sich gegangen. In Paris waren es besonders die Anforderungen der „ballons sondes", die sie förderten, und gingen die Konstruktionen aus der Richard'schen Werkstatt selbst hervor. Auf dem Blue Hill wurden für die ersten Aufstiege 1894 und 95 ein leichter Thermograph und Thermo-Anemograph durch Fergusson gebaut, später aber die entsprechenden Instrumente von Richard bezogen. In Trappes werden die Baro-Thermographen, deren dort, für die häufigen Aufstiege der „ballons sondes", sehr viele gebraucht werden, auf der Werkstätte des Observatoriums aus den von Richard bezogenen Theilen zusammen gesetzt und justirt. Für das Washingtoner Beobachtungsnetz hat Herr Marvin 1897 einen Meteorograph konstruirt. In Berlin-Tegel werden für Drachen sowohl solche von Richard, als, in neuerer Zeit, auch solche von Marvin angewendet; für Registrir-Ballons hat Herr Assmann ausserdem Apparate eines eigenen sinnreichen Systems konstruirt.

Die Seewarte ist seit dem Jahre 1899 im Besitz sowohl eines Apparats von Richard, als eines solchen von Marvin. Ersterer zeichnet nur Luftdruck, Temperatur und Feuchtigkeit auf, letzterer auch Windgeschwindigkeit; ungerechnet Verpackung und Transport kostet ersterer 400, letzterer 600 ℳ. Seit 1898 baut übrigens auch Richard Meteorographen mit Anemometer. Fig. XI, Taf. 4, giebt eine Photographie von den beiden Apparaten der Seewarte.

Beide Apparate sind zum grossen Theile aus Aluminium hergestellt. Die inzwischen entdeckten Legierungen desselben, Magnalium und Partinium, werden wahrscheinlich auch in dieser Fabrikation einen Fortschritt bedeuten; sie werden es ermöglichen, diese Instrumente bei gleicher Festigkeit noch merklich leichter zu machen und die Herstellung durch ihre leichtere Bearbeitung verbilligen. Bei beiden Apparaten befindet sich die Uhr in der Trommel, die das Registrir-Papier trägt.

Digitized by Google

Der zur linken Hand in Fig. XI dargestellte Baro-Thermo-Hygrograph von Richard wiegt mit seinem rechtwinkligen Hüllblech 1.2 kg. Die als Thermometergefäss dienende Bourdonröhre liegt in diesem Exemplar unter der Basisplatte des Apparats, zwischen dessen vier Füssen, von einem besonderen durchlöcherten Hüllblech gedeckt; bei anderen (älteren) Exemplaren liegt sie oben, neben der Trommel. Die letztere sitzt auf ihrer Achse nur mit Reibung auf, was ihre Einstellung u. s. w. sehr erleichtert, ohne dass die Neigung zu ihrem Abspringen bezw. zu Verschiebungen der Zeitskala sich bei ihr mehr äussern würde, als beim Marvin-Instrument, bei dem die Trommel festgeschraubt wird.

Der rechter Hand dargestellte Meteorograph von Marvin ist ein Wunder von Leichtigkeit und sinnreicher Konstruktion, aber in manchen Punkten etwas unerwünscht komplizirt. Er wiegt mit Hüllblech nur 1.0 kg. Das Thermometergefäss (2 Bourdonrohre) und der doppelte Haarstrang des Hygrometers liegen im oberen Rohre, das beim Aufsetzen des Hüllblechs offen bleibt und durch das der Wind bei Anbringung des Meteorographs im Drachen frei hindurchstreicht. Die Enden des Rohrs, an die das Hüllblech sich anlegt, sind aus einem schlechten Wärmeleiter (Hartgummi). Die Aneroiddosen erkennt man ausserhalb dieses Rohres. Während Feuchtigkeit, Druck und Temperatur mechanisch aufgezeichnet werden, wird die am meisten links befindliche Schreibfeder durch einen Elektromagneten und zwei kleine Silber-Chlorid-Elemente bewegt, wenn durch die Umdrehungen eines auf die Spitze des Drachens aufgeschraubten Robinson'schen Schalenkreuzes der Strom geschlossen wird; jeder Kontakt giebt eine Zacke auf dem Meteorogramm.

Ueber die Behandlung des Instrumentes mögen hier die Anweisungen von Prof. Marvin in dessen „Instructions for aerial observers" Wiedergabe finden, angepasst an das in Fig. 93 schematisch dargestellte Instrument der Seewarte, das in einigen Punkten von dem älteren dort abgebildeten abweicht.

„Justirung der Uhr und Registrirblätter. Die Uhr macht eine Umdrehung in 12 Stunden, und wegen der Nothwendigkeit äusserster Leichtigkeit sind die Maasse (der Trommel) so klein als möglich. Deswegen ist der Spielraum der Temperatur, der für die Thermographen-Feder vorgesehen ist, nur gross genug, um für die wahrscheinlich höchsten Aufstiege auszureichen, und bei den Aenderungen der Temperatur nach den Jahreszeiten wird es nothwendig werden, die Justirung der Feder und die Nummerirung der Linien so zu ändern, dass die erstere, wenn das Instrument am Boden ist, in der Nähe des oberen Endes des für die Temperatur-Aufzeichnungen bestimmten Raumes steht.

Die Zeitlinien auf dem Blatte sind provisorisch für gewöhnliche Fälle nummerirt, aber die Aufzeichnung sollte stets in der Nähe des linken Randes des Blattes beginnen, so dass wenig oder keine Veranlassung für die Aufzeichnung ist, über den Messingstreifen hinauszugehen, der das Papier hält.*) Die Stundenzahlen müssen deshalb oft geändert werden.

Alle Zeitangaben sollen nach der Zeit des 75. Meridians notirt werden, und es soll Sorgfalt darauf verwendet werden, auf Form. 1081 den Stationsnamen und das Datum des Aufstiegs einzutragen und die Temperaturlinien zu nummeriren.

Die Blätter sollten auf beiden Seiten genau innerhalb der Randlinien und über das freie Ende des Blattes zugeschnitten werden.**) Es wird nicht schwierig sein, das Blatt auf die Trommel zu legen, während diese an ihrem Platz ist; aber in einigen Fällen mag es wünschenswerth sein, die Trommel herauszunehmen, was durch völlige Lösung der beiden Schrauben *J* u. *G* der Figur (im Original) geschehen kann (auf Fig. XI ist nur *J* sichtbar; *G* sitzt am andern Ende derselben Achse). Ist die Trommel richtig justirt, so kann die Schraube *G* festgeschraubt werden. Dadurch wird die Trommel in ihrer Lage festgesetzt und die Uhr veranlasst, sie mit der Geschwindigkeit von einer Umdrehung in 12 Stunden zu drehen.

Die Uhr ist auf einen Gang von 24 Std. eingerichtet und muss deshalb jeden Tag aufgezogen werden. Dieses geschieht mittels des langen Schlüssels, der in das Loch an dem einen Ende der Trommel eingesetzt wird und durch einen dünnen Draht Führung zum Zapfen erhält. Der Schlüssel muss erst durch mehrmaliges Linksum-Drehen auf den Zapfen aufgeschraubt werden, worauf er die Uhr in der gewöhnlichen Weise aufzieht; danach wird er losgeschraubt und herausgenommen.

*) Uebrigens gehen die Federn ohne Hinderniss über diesen hinweg, es geht nur ein Stückchen Aufzeichnung dabei verloren. *W. K.*

**) Es genügt, wenn dies Zuschneiden am unteren Rande genau geschieht und dieser dicht an dem Trommelrand anliegt; am oberen Rande kann man etwas mehr Papier wegschneiden, um Falten zu vermeiden. *W. K.*

Digitized by Google

Justirung der Federn. Die Federn müssen so justirt werden, dass sie das Papier leicht berühren, was mit Hülfe von kleinen Kordelschrauben nahe der Achse der betr. Hebel geschieht.*) Der ganze Satz von Federn kann vom Papier abgehoben werden mittels eines Hebels (*H* in der Figur).

a) *Temperatur.* Um die Thermographenfeder auf die gewünschte Lage einzustellen, muss eine kleine Schraube, *B* in Fig. XI, gedreht werden. Zu diesem Zweck kann es nothwendig werden, die beiden benachbarten Schrauben etwas zu lösen...

b) *Luftdruck.* Die Schraube *F* ist so zu stellen, dass die Stellung der Feder so nahe als möglich mit dem auf 0° reduzirten Barometerstande übereinstimmt.

c) *Feuchtigkeit.* Die Feder wird durch Lösung der Schraube *L* und Verschiebung des Schlittens im Spalt verstellt, bis sie mit der prozentischen Feuchtigkeit übereinstimmt, die sich aus der Ablesung des Schleuder-Psychrometers ergiebt.

Das Einstellen sowohl der Temperatur als der Feuchtigkeit muss thunlichst in freier Luft stattfinden, während der Wind durch das Rohr bläst, worin Thermometer und Hygrometer sich befinden.

Es ist unmöglich, die Einstellung für alle Fälle genau zu machen; es müssen daher Kontrol-Abmessungen gemacht werden, um den Fehler des Instruments festzustellen; das heisst also, eben vor dem Beginn eines Aufstiegs wird der Meteorograph dem Winde für einige Minuten ausgesetzt und die Temperatur und Feuchtigkeit durch das Schleuder-Psychrometer festgestellt... Ebensolche Beobachtungen werden am Ende des Aufstiegs gemacht und nachdem das Papier abgenommen ist wird der Betrag, der von den Angaben des Meteorographs abgezogen oder diesen hinzugefügt werden muss, auf das Papier am Anfang und Ende der Aufzeichnung angeschrieben. Dasselbe gilt für den Luftdruck.

Tinte. Die mit dem Meteorograph gelieferte Tinte ist besonders diesem Zweck angepasst und muss sparsam und nur für dieses Instrument verwendet werden.

Befestigung des Instruments im Drachen. Das in seinem Aluminium-Gehäuse eingeschlossene Instrument wird mit Schnüren, die durch die daran angebrachten Metallhülsen gehen, fest an den oberen der beiden mittleren Längsstöcke gebunden. Der Befestigungspunkt sollte nahe der vorderen Zelle sein und so, dass das Gehäuse eben frei von dem schrägen Draht hängt. Eine dünne Schnur muss von der unteren vorderen Hülse des Gehäuses nach seitlichen Punkten der Mittelfläche der Vorderzelle gezogen werden,**) um den Meteorograph zu verhindern, zur Seite zu schwingen, wenn der Drache ein wenig hin und her schaukelt."

Marvin's Meteorograph wiegt mit Gehäuse, samt Elektromagnet und den 2 Elementen für den Anemograph, nur 1.0 kg, trotzdem seine Trommel, die 12 Stunden umfasst, 35 g schwerer ist, als die von Richard, die nur 8 Stunden fasst. Nicht mit gerechnet ist der aufnehmende Theil des Anemographs, der auf die oberste Spitze des Drachens aufgesetzt wird, mit 72 g. Er besteht aus einem Robinson'schen Schalenkreuz, dessen Umdrehungen nicht nur durch elektrische Kontakte auf der Walze des Meteorographs verzeichnet, sondern auch durch ein Miniatur-Zählwerk summirt werden, das in der kleinen Büchse unter dem Schalenkreuz steckt.

Die oben geäusserten Bedenken über den allzu komplizirten Bau dieses schönen Apparats gelten besonders für die Bewegung der Trommel, die so eingerichtet ist, dass sie je nach Wunsch, statt in 12 Stunden, den ganzen Umlauf in nur einer Stunde machen kann, was unter Umständen zur Prüfung der Empfindlichkeit des Instruments von Werth ist. Um dies zu erreichen, wird die Mutter *G* gelöst und dafür die Mutter *J* durch rückläufige Drehung der sternförmigen Mutter *S* festgeklemmt, wodurch die die Verlängerung der Schraube von *J* bildende Achse auf einen Zapfen des Uhrwerks gedrückt und dieser nun zum festen Punkt im Uhrwerk wird. Sind sowohl *J* als *G* festgeklemmt, so bleibt die Uhr stehen. Da dieses unter Umständen durch die Umdrehung der Trommel selbst geschehen kann und da durch diese doppelte Einstellung der Muttern vor dem Aufstieg die Aufmerksamkeit des Leiters in Augenblicken beansprucht wird, wo sie ohnedies absorbirt ist, so habe ich die erwähnte Achse herausgenommen, so dass die Mutter *J* beliebig festgeklemmt werden kann, ohne den Gang der Trommel zu beeinflussen, die auf diesem Achsentheil nur lose aufsitzt. Da die Achse von *G* aber direkt auf dem Stundenrade der Uhr aufsitzt, so muss man sich hüten,

*) Als Merkmal richtiger Justirung kann dienen, dass die Federn zwar bei der Stellung mit der Trommel unten aufliegen, aber in der Stellung mit den Federn unten durch das Gewicht der Hebel sich etwas vom Papier abheben. *W. K.*

**) In Hamburg ist diese Befestigung mittels Bindfadens an die beiden schrägen Drähte geschehen.

Digitized by Google

die Trommel bei geklemmtem *G* zu drehen, da es bei dem grossen Durchmesser der Trommel und der Schwäche dieses Rades nur eines geringen Druckes bedarf, um ihm Zähne auszubrechen. Bei Richard's Instrument sind diese Theile viel einfacher und kräftiger konstruirt.

Mit der Frage des möglichen Einflusses von Strahlung auf die Angaben des Drachen-Meteorographs hat man sich namentlich in Amerika abgegeben. Ueber einige Versuche auf dem Blue Hill in der Richtung der Herstellung eines Strahlungs-Schutzes berichtet Fergusson in seiner bekannten Abhandlung vom J. 1897; Der verstorbene Prof. Hazen behauptete sogar, die mit Drachen gewonnenen Temperatur-Angaben seien wegen Beeinflussung durch Strahlung nicht zu brauchen. Allein offenbar ist der Strahlungs-Einfluss bei Drachen-Meteorographen, wenn nur die Bourdon-Röhre nicht direkt von Sonnenstrahlen getroffen wird, ganz geringfügig. Im Marvin-Instrument geht schon bei ganz schwachem Winde der Thermograph, wenn es mit Gehäuse auf dem Dache der Seewarte abwechselnd auf je 10 Minuten in die Sonne und in Schatten gebracht wird, nur um ca. 0.3°C hin und her; nur wenn die Sonnenstrahlen in das Hüllrohr des Thermometer, auf dieses selbst, fielen, stieg es schneller. Die Feuchtigkeit spielte gleichzeitig um ca. 3% hin und her; sie stieg, wenn die Temperatur sank, und umgekehrt. Freilich ist der Hamburger Sonnenschein matt; aber wenn man bedenkt, dass die natürliche Ventilation im Drachen stets zum mindesten 4 bis 6 m pro Sek. beträgt, so wird man auch von kräftigerer Insolation keine merkbaren Fehler erwarten, ausser wenn ungünstiger Weise der Wind gerade aus der Richtung kommt, wo die Sonne eben steht, und diese nicht mehr als etwa 40° über dem Horizont ist, so dass ihre Strahlen, wenigstens theilweise, direkt auf das Gefäss des Thermographs und das Haar des Hygrographs gelangen können. Um diese Möglichkeit zu vermeiden, würde es gut sein, bei Einschliessung dieser Theile, nach Marvin's sehr zweckmässigem Vorgang, in ein vom Winde durchstrichenes Rohr, diesem Rohre eine Krümmung zu geben, etwa indem man auf die vordere Oeffnung der Hülse ein unter 20° gegen das innere geneigtes äusseres Rohr aufsetzt, das im Fluge annähernd horizontal liegt, wenn das innere Rohr der Drachenfläche parallel gebunden ist; dessen Inneres kann auf diese Weise auch bei ungünstigem Sonnenstande beschattet werden, ohne die Luftbewegung zu beeinträchtigen. Vielleicht noch wichtiger kann diese Einrichtung durch Verhütung der Benetzung des Thermographen-Gefässes und des Hygrographen-Haares durch Regentropfen werden, da dieses, wie wir im folgenden sehen werden, eine viel grössere Gefahr für die Richtigkeit der Aufzeichnungen ist, als die Strahlung. Rathsam wird indessen dabei sein, dieses äussere Rohr doppelt zu machen und den Zwischenraum durch einige Löcher nach dem Inneren des Gehäuses zu öffnen, um nach Art des Assmann'schen Aspirations-Thermometers auch der Aussenseite des ganzen Hüllrohres die Temperatur der Luft zu geben. Entsprechende Oeffnungen auf der Rückseite der Hülse hätten für Abfuhr der Luft zu sorgen.

Der strenge Parallelismus, der sich bei gleichförmiger vertikaler Temperaturabnahme zwischen den Aenderungen des Luftdrucks und der Temperatur im Meteorogramm zeigt, beweist, dass die Trägheit des Instruments, so lange es trocken ist, eine geringe Rolle in dessen Thermogramm spielt. Besonders beweisend dafür sind die zahlreichen Fälle, in denen der Drache, während einer Pause im Auslassen oder Einhieven des Drahtes, eine Anzahl von Minuten die gleiche Höhe behielt und das Thermogramm genau gleichzeitig damit eine horizontale Stufe zeigt (vgl. Fig. XIV), der Thermograph also aus schneller Aenderung fast plötzlich in stationären Zustand überging. Würde er während der schnellen Aenderung der Höhe und der Temperatur im Rückstande geblieben sein, so hätte er diesen unfehlbar in der darauffolgenden Pause nachholen müssen. Eine dementsprechende Abstumpfung der Ecken und Neigung zur Fortsetzung der bisherigen Bewegung über die Dauer der sie bewirkenden Ursache hinaus ist denn auch manchmal im Thermogramm erkennbar, aber sie ist sehr gering und genügt nicht zur Erklärung des häufig zu niedrigen Standes des Instruments nach dem Aufstieg. Allem Anschein nach ist vielmehr dieser Uebelstand der Benetzung des Thermographen-Gefässes durch Beschlag oder Regen zuzuschreiben. In der That war in der Mehrzahl der Fälle, wo sich die Erscheinung in Hamburg intensiv gezeigt hat, das Instrument entweder längere oder kürzere Zeit in den Wolken gewesen — so am 25./8., 12./9., 22./9., 30./10., 6./12. und 7./12. 1900 und 6./3. 1901 — oder doch dicht unter den Wolken, so dass der 40—60 m höhere Vorspann-Drache verdeckt wurde — so am 21./9. 1900, 2./8. und 4./9. 1901 — oder es hatte ein schneller Abstieg mit sehr rascher Temperatur-Zunahme bei grosser relativer Feuchtigkeit, also vielleicht Beschlag-Bildung, stattgefunden — so am 27./8. und 1./9. 1900, 11./4. und 4./9 1901. Dass aus diesem Grunde Thermometer starken Erwärmungen langsamer folgen, als starken Erkaltungen, hat Assmann 1892 in seinem Werke über das Aspirations-Thermometer, S. 197, gezeigt. In einem Falle dagegen, am 24. Oktober 1900, trifft auch diese Erklärung nicht

Digitized by Google

zu. Bei sehr schwachem Winde — von 3 bis 4^h auf der Seewarte nur 3.6 m pro Sek. im Durchschnitt — und sehr ruhig fliegendem Drachen zeigt um 3^{h}17 der Zeiger des Thermographs eine plötzliche Abkühlung um 3.2°F = 1.8°C ohne entsprechende Höhenänderung; gleichzeitig ist die Feuchtigkeit von 61% auf 70% gestiegen. Nach dem Landen zeigte der Thermograph um 2.6°C zu niedrig. Die Registrir-Apparate der Seewarte haben in dieser Zeit keine merkbaren Sprünge gezeigt.

Ein anderer manchmal vorkommender Fehler liegt in den Schreibfedern des Meteorographen; dieselben sind auf die Zeigerhebel nur aufgeschoben; es ist wichtig, dass sie dabei genau auf dem gleichen Punkt der Zeitskala kommen, und dass ihre Verbindung mit den Zeigern sich nicht lockern kann. Ist ersteres nicht der Fall, so sind die auf derselben Zeitkurve liegenden Punkte des Thermogramms, Hygrogramms und Barogramms nicht genau simultan, und das kann bei raschem Steigen oder Sinken des Drachens erhebliche Fehler geben. Ist dagegen die Verbindung nicht fest, so können die Federn bei einem Stoss abfallen und verloren gehen, was hier in der That beim Richard geschehen ist; die neuen sind deshalb mittels eines Platindrahts an den zu diesem Zweck durchbohrten Zeiger befestigt worden, was stets geschehen sollte.

Auch die Führung der Meteorographen-Trommel giebt zuweilen zu Unklarheiten Anlass, die bei der Kleinheit der Skala des Meteorogramms merkliche Fehler bedingen. Durch Stösse kann sich die Trommel einerseits ein wenig — beim Instrument von Marvin um ungefähr 1 mm — in der Richtung der Achse verschieben, andererseits die Verschraubung sich lösen und die Trommel gedreht werden. Das ist z. B. auch in dem auf Tafel 6 wiedergegebenen Meteorogramm vom 22. Sept. 1900 zu erkennen; beim Landen ist die Trommel um den Werth von ca. 2$^1/_2$ Zeitminuten zurückgesprungen, was man im Barogramm deutlicher sieht, als im Thermogramm, weil die Feder des Thermographs in den vorhergehenden drei Minuten nicht geschrieben hatte. Solche Rücksprünge sind auch schon in weit stärkerem Maasse vorgekommen, wenngleich nur wenige Male.

Im allgemeinen kann man sich nur wundern, dass ein Registrir-Apparat in so schwankender Aufstellung so ruhige Kurven ergiebt. Dieselben sind in der Regel während des Fluges feiner und ruhiger, als beim Tragen des Instruments in der Hand, wie man dies an den Meteorogrammen der Tafel 6 erkennen kann; die Zacken in den horizontalen Stücken der Kurven vor und nach dem Aufstieg sind durch die Erschütterungen meines Körpers entstanden, während ich zum Aufstiegplatze oder von da zurück ging; die grösseren Zacken während des Fluges sind Höhenänderungen des Drachens zuzuschreiben, nur die Verbreiterung der Kurve, die sich beispielsweise am 22. September nur zeitweise im Barogramm zeigte, ist einem schnellen Zittern der Feder durch Schwankungen des Drachens zuzuschreiben. Dieses Zittern stellt sich besonders bei der Barographen-Feder des Instruments von Marvin ein. Der Grund liegt wahrscheinlich in zu lockerem Bau des Dosen-Mechanismus; ich habe ihn mit Absicht bisher nicht beheben lassen, weil in dem gegenwärtigen Stadium der Versuche ein solches Drachen-Seismometer ganz erwünscht war. In einem Falle, am 5./10. 1900, betrugen die Ausschläge dieses Zeigers während des grösseren Theiles des Fluges 7—9 mm, was 30—50 mm Barometerstandes ausmacht; die anderen beiden Kurven sind gleichzeitig nur $^1/_2$—1 mm breit. Am auffallendsten ist das Barogramm am 16./10 1900, wo die Breite der Kurve von 1—2 mm um 5^{h}25^m p. m. plötzlich auf 5—6 mm übergeht, wobei gleichzeitig die Kontakte des Anemometers aufhören, wohl weil sie wegen steigender Windgeschwindigkeit zu kurz werden. Vorher hatten 50 Minuten 15 Kontakte ergeben, was einer Windgeschwindigkeit von 18 m pro Sek. entspricht.

Die Aneroid-Dosen des Meteorographs von Marvin haben sich im Laufe der Zeit beträchtlich geändert. Nicht allein ist die positive Standkorrektion sehr gewachsen, sondern es hat sich merkwürdigerweise auch die Temperatur-Korrektion sehr verändert. Der Barographenzeiger ist nur einmal, Ende April 1901, verstellt worden, um die zunehmende Korrektion zu verringern, und zwar um so viel, als die Stellschraube zuliess, nämlich 40 mm Stand. Die Standänderung des Instruments ersieht man aus folgender Zahlenreihe, die bei Zimmertemperatur gewonnen ist:

Zeit	1./8. bis 15./9. 1900	16./9. bis 8./11. 1900	9./11.00 bis 28./2.01	1./3. bis 11./4. 1901	1./5. bis 30./6. 1901	1./8. bis 31./10. 1901
Korr.	+1 bis 10 mm	+26 bis 32 mm	+46 bis 66 mm	+96 bis 99 mm	+59 bis 68 mm	+74 bis 90 mm

Von den beiden Malen, wo der Apparat mit dem Drachen auf weite Entfernungen weggeflogen ist, scheint nur der zweite, am 8./11. 1900, merklichen Einfluss auf die Aenderung ausgeübt zu haben; der erste, am 1./9. 1900, zeigt keinen solchen, da die Korrektion, die am 1./9. +8 mm war, am 12./9. noch +10 mm betrug und erst am 21./9. sich plötzlich als 21 mm herausstellte.

Digitized by Google

Der Temperatur-Einfluss ist sehr einfach zu konstatiren, wenn man den Apparat nach dem Aufstieg weiter zeichnen lässt, während er die Temperatur des Zimmers annimmt. Leider habe ich solche Daten erst von Ende Oktober 1900 an. Die Aenderung des Temperatur-Einflusses mit der Zeit zeigt sich in ihnen unzweideutig. Für jeden Fahrenheit-Grad Erwärmung sinkt die Luftdruck-Angabe im Meteorograph um folgende Grösse:

1900		1901		1901	
9./ 1.	0.001 Zoll	6./2.	0.025 Zoll	15./ 5.	0.028 Zoll
24./10.	0.012 „	7./2.	0.026 „	13./ 6.	0.046 „
13./11.	0.012 „	8./2.	0.025 „	27./ 6.	0.040 „
6./12.	0.025 „	6./3.	0.027 „	4./ 9.	0.035 „
7./12.	0.011 „	11./4.	0.027 „	28./10.	0.033 „
Mittel...	0.012 Zoll	Mittel...	0.026 Zoll	Mittel...	0.036 Zoll

Die Aufzeichnungen der Meteorographen sind auf der letzten Tafel dieser Abhandlungen durch drei Proben veranschaulicht, die photographische Kopien von einem Meteorogramm des Richard'schen und zwei solchen des Marvin'schen Instruments sind.

Wie man sieht, ist die Zeit-Skala bei beiden Apparaten ungefähr gleich, jedes Intervall ist gleich 10 Minuten; die Skalen der Elemente sind wesentlich verschieden, auch abgesehen davon, dass die einen nach metrischem, die anderen nach englischem Maasse getheilt sind.

1) *Temperatur.* Bei Richard sind auf dem Raume von 60 mm 60° C untergebracht; bei Marvin auf 52 mm 45° F = 25° C, der °C also doppelt so gross; um diese Grösse mit so kurzer Trommel zu erreichen, ist vorgesehen, dass der Zeiger je nach der Temperatur am Erdboden verstellt wird, im allgemeinen aber nur für die kältere und wärmere Jahreszeit je einmal; die Skala trägt deshalb keine Ziffern; dies ist wohl auch, besonders in einem Klima mit bedeutender jahreszeitlicher Temperaturschwankung, ganz zweckmässig.

2) *Luftdruck.* Bei Richard sind die Angaben des Aneroids umgerechnet in angenäherte Seehöhen, und reichen sie von 0 bis 3500 m, bei Marvin von 30 bis 21 engl. Zollen. Die Richard'schen Kurven, die beim Steigen des Drachens steigen, sind sehr anschaulich und bequem, aber weniger genau; die vom Marvin-Apparat, die beim Steigen des Drachens sinken, geben in exakterer Weise den Luftdruck an, und lassen durch ihren mehr oder weniger parallelen Verlauf mit dem Thermogramm das jeweilige Verhältniss zwischen Temperatur und Höhe besser hervortreten. Bei einer Temperatur der Luftsäule = 0° C, wie sie dem Richard'schen Netz zu Grunde gelegt zu sein scheint, entsprechen (762 mm für 0 m Höhe angenommen) 21 Zoll engl. = 533.4 mm, einer Höhe von 2849 m. Diesem Skalen-Umfang ist bei Marvin ebenfalls der Raum von 52 mm zugewiesen, bei Richard 48 mm. Beim letzteren ist auf weiteren 8 mm die Höhenskala bis 3500 m fortgeführt. Beim Marvin ist, damit der Apparat auch bei höheren Aufstiegen nicht versage, die Einrichtung getroffen, dass der Zeiger der Feuchtigkeit kürzer ist, als die anderen, so dass der Luftdruckzeiger über letzteren ungestört hinweggehen und seine Aufzeichnungen über seinen eigentlichen Bereich hinaus fortsetzen kann.

3) *Relative Feuchtigkeit.* Der Raum von 0 bis 100% nimmt beim Richard 59 mm, beim Marvin noch keine 21 mm ein. Wegen der eben erwähnten verschiedenen Länge der Zeiger ist hier die Zeit-Skala um 30 Minuten verschoben gegen die von 1 und 2. So zweckmässig ersonnen diese Einrichtung ist, um an Raum bezw. Gewicht zu sparen, so sehr erschwert sie die Uebersicht über die gleichzeitigen Aenderungen der drei Elemente. Es sollten daher stets für die Veröffentlichung die Hygrographenstreifen, wie in Tafel 6 geschehen, abgeschnitten und mit der Zeit-Skala des übrigen Meteorogramms in Uebereinstimmung gesetzt werden.

Es entspricht also ein Höhen-Unterschied von 2 mm, in runden Zahlen:

beim Marvin-Apparat ..... 1° C 9 mm Bar. 10% Feucht.
„ Richard- „ ..... 2° „ 9½ „ „ 3% „

Die Luftdruck-Skala ist also bei beiden ungefähr gleich, die Skala der Temperatur aber beim Marvin doppelt so gross, die der Feuchtigkeit dreimal kleiner, als beim Richard. Das Verhältniss entspricht beim Marvin ungefähr dem in der Meteorologie gebräuchlichen Genauigkeits-Grad, wonach die Temperatur in Zehntelgraden, die Feuchtigkeit in ganzen Prozenten abgelesen und veröffentlicht wird. In der That sind die Angaben des Haar-Hygrometers, ihrem absoluten Werthe nach, sehr unsicher; aber die Zunahme und

Digitized by Google

Abnahme der Feuchtigkeit beim Auf- und Abstieg, die meistens schichtweise erfolgt, bietet doch so viel Interesse, dass man wohl ein Mittelding zwischen der grossen Skala von Richard und der kleinen von Marvin wünschen möchte.

Zu den auf Tafel 6 wiedergegebenen Proben ist folgendes zu bemerken. Für die ersten drei sind saubere, bei schwachem Winde gewonnene Kurven, je eine aus jedem der Jahre, ausgewählt, da die bei starkem Winde gewonnenen weniger leicht genau wiederzugeben sind.

9. November 1899. Richard's Baro-Hygro-Thermograph, 180 m unterhalb des Marvin-Drachens am Draht angeklemmt. Schwacher Westwind, Wetter anfangs trocken, z. Th. mit blauem Himmel, gegen Schluss kräftiger Regen. Bewegungen des Drachens sehr ruhig, die Pausen im Auflassen und im Einholen als Stufen im Barogramm zu sehen. Grösste Höhe annähernd 1460—380 = 1080 m, korrigirt 1112 m, also Brockenhöhe, im Aufstieg in 43 Minuten gewonnen, im Abstieg in 67 Minuten zurückgelegt, Zug 25—28 kg, Luft unten und oben feucht, in 600 m Höhe trockener; Temperatur-Abnahme 0.45°C auf 100 m.

22. September 1900. Marvin's Meteorograph in Marvin's Drachen. Mässiger Westwind, Nimbusdecke, darunter Fr.-nb. Um $1^h 8^m$ und $2^h 40^m$ •°, sonst trocken mit 72—79% relativer Feuchtigkeit. Um $1^h 33^m$ wurde, als der Abgangswinkel des Drahts unter 29° gesunken war und der Zug auf 29 kg blieb, ein kleinerer ($3^1/_3$ qm) Hargrave-Drachen an den Draht hinzugespannt, mit dessen Hilfe die Wolkengrenze erreicht, aber zunächst nicht überschritten werden konnte, bis etwa 35 Minuten später der Hauptdrache einen starken Impuls aufwärts bekam und nun auch noch weiter stieg, als man mit dem Auslassen aufgehört hatte. Auf diese Weise erreichte das Instrument die Höhe von 1680 m über dem Boden. Beim Herabholen war das Instrument, als die Befestigungsstelle des Hülfsdrachens erreicht wurde, mehr als 150 m höher, als zur Zeit der Befestigung desselben. Beim Landen ist durch den Stoss die Trommel um den Werth von 3 Zeitminuten zurückgedreht. Die untere Wolkengrenze lag beim Aufstieg etwa bei 1080 m, beim Abstieg bei 960 m. Die Temperaturkurve ist nur unterhalb der Wolkengrenze parallel mit derjenigen des Luftdrucks, die weitere Hebung des Instruments von $2^h 10^m$ bis $3^h 10^m$ ist im Thermogramm kaum zu bemerken; die Temperatur nahm also in den Wolken garnicht mit der Höhe ab, ja sogar es scheint, dass von $2^h 17^m$ bis $2^h 50^m$, wo das Instrument oberhalb 1500 m verweilte, die Temperatur um ca. $^3/_4$°F höher war, als bei 1500 m. Da aber der Thermograph nach Erreichung des Bodens um ca. 3°F zu wenig zeigte, vielleicht wegen Benetzung, so ist leider das Thermogramm nach Erreichung der Wolkengrenze unsicher. Der Hygrograph hat innerhalb der Wolken die ganze Zeit eine Feuchtigkeit von 88% angegeben, welchen Stand er auch nach dem Landen beibehielt, obwohl am Boden die Feuchtigkeit nur 79% betrug; im Moment des Aufstiegs zeigten Hygrograph und Psychrometer übereinstimmend 73%.

Am oberen Rande des Meteorogramms findet man die Aufzeichnungen des Anemographs. Die Umdrehungen des Schalenkreuzes liefern so viel elektrische Kontakte in der Stunde, wie die mittlere Windgeschwindigkeit Meter in der Sekunde betrug. Jeder fünfte Kontakt ist verlängert. Die Windgeschwindigkeit war hiernach beim Aufstieg bis zur Wolkengrenze im Durchschnitt 9 m pro Sek., an dieser, in 900 bis 1200 m Höhe, 12 bis 13 m pro Sek.; höher, oberhalb 1600 m, 16 m pro Sek.; beim Abstieg, in 900 bis 0 m Höhe, 12 m pro Sek.

18. April 1901. Beispiel für intensivere Untersuchung der unteren Luftschicht. Nach vergeblichen Bemühungen, wegen zu schwachen Windes, von 2^h bis 3^h p. m., wurde endlich um 3^h der Marvin-Drache durch einen vorgespannten schwanzlosen $2^3/_4$ qm Malay-Drachen emporgehoben. Nachdem er mit 400 m Draht gut geflogen war, wurde er herabgeholt und das Instrument eingesetzt. Der Abgangswinkel des Drahtes sank beim Wiederauflassen wegen des schwachen Winddruckes schnell von 50° auf $14^1/_2$°, so dass entweder ein Hülfsdrache angefügt oder eingeholt werden musste. Es wurde das letztere gewählt, um lieber einen zweiten Aufstieg folgen zu lassen. Zwölf Minuten nach der Landung wurde der Drache aufs neue emporgesandt. Trotz des geringen Zeit-Intervalls macht sich bereits der Einfluss der vorgerückteren Abendstunde bemerkbar in der geringeren Temperatur-Abnahme beim zweiten Aufstieg. Die Höhe desselben betrug $^{10}/_{11}$ von derjenigen des ersten, die ganze Temperaturdifferenz aber war nur 7°F gegen 9° beim ersten. Auffallenderweise war dabei die relative Feuchtigkeit beim zweiten Aufstieg geringer als beim ersten. Das Anemometer war leider ausser Funktion, weil das Schalenkreuz fehlte. Auch dieses Mal ist die Registrir-Trommel durch Stösse beim ersten Aufstieg und letzten Landen etwas um ihre Achse gedreht, was besonders an der äusserst feinen Kurve des Hygrographs zu erkennen ist. Diese Verschiebung ist übrigens bei anderen Aufstiegen nicht oft vorgekommen.

Digitized by Google

8. November 1901. Beispiel für freien Fallflug eines Drachens. Bei starkem Winde riss in einer Höhe von 1650 m der Drache an der obersten Kausch ab und flog in $8^1/_2$ Min. 7.9 km weit, wie aus der Barographenkurve hervorgeht; durchschnittliche horizontale Geschwindigkeit folglich 15.5, vertikale 3.3 m pro Sek., letztere abnehmend von ca. 4 auf ca. 2 m pro Sek. Aus Raummangel ist das Thermogramm fortgelassen und ist nur das Ende des Aufstiegs wiedergegeben. Näheres im „Prometheus" vom 23. Jan. 1901, No. 589.

Die Ergebnisse der hier und anderwärts mit Drachen gewonnenen Aufzeichnungen und deren Verbindung mit den auf anderem Wege aus den höheren Luftschichten gewonnenen Daten sollen Gegenstand einer zweiten Abhandlung werden, die voraussichtlich im nächsten Jahrgang dieses Archivs erscheinen wird. Dabei wird auch der Versuch gemacht werden, die Beobachtungen aus der freien Atmosphäre mehr, als bis jetzt geschehen ist, für die Wetterprognose zu verwerthen. So viel Lehrreiches für die Klimatologie und die allgemeine Meteorologie bereits aus den Beobachtungen besonders der Gipfel-Observatorien gewonnen ist, so liegen doch für eine Verwerthung derselben in der Wetterkunde im engeren Sinne, in der Lehre von den Witterungswechseln, die doch als Grundlage jeder Wetterprognose dienen muss, nur die ersten Anfänge vor. Ausser in der Unermesslichkeit der Aufgabe liegt der Grund dafür besonders darin, dass fast alle Bergobservatorien weit abseits von den Bahnen der grossen fortschreitenden atmosphärischen Wirbel und der starken Wetterwechsel liegen. Erst die immer häufiger werdenden wissenschaftlichen Ballonflüge — im Jahre 1901 allein gegen 120 — und Drachenaufstiege liefern uns Material aus dieser grossen Werkstätte des Wetters selbst über den Tiefebenen und den Meeren, in Verbindung mit den ebenfalls erst seit kurzem arbeitenden vereinzelten Gipfelstationen aus der Nordhälfte Europas, besonders dem Ben Nevis und dem Brocken.

Anhang.

Litteratur.

Trotz der Neuheit der Sache giebt es bereits eine nicht unbedeutende Litteratur über die meteorologische Verwendung der Drachen, die grösstentheils aus den Jahren 1896—99 stammt. Eine gute Uebersicht derselben findet man in einem Aufsatz von Herrn J. Vincent im „Annuaire de l'observatoire royal de Belgique pour 1900", in welchem über 100 Schriften aufgezählt werden. Die zahlreichen in aëronautischen Zeitschriften erschienenen Mittheilungen sind in diesem Verzeichniss nicht enthalten. Eine Wiederholung desselben dürfte unnöthig sein, da das „Annuaire" leicht zugänglich ist und ein Hinweis genügen dürfte. An dieser Stelle will ich nur die wichtigsten Arbeiten hervorheben, die auch bei Abfassung des vorliegenden Berichts vielfach benutzt worden sind.

I. Blue Hill Meteorological Observatory.

1) Exploration of the air by means of kites. I. Kites and instruments, by S. P. Fergusson. II. Results from the kite meteorographs and simultaneous records at the ground. III. Discussion of the observations, by H. Helm Clayton. Cambridge, U. S., 1897. (Bildet Bd. XLII, Theil 1 der „Annals of the Astron. Observatory of Harvard College").

2) Blue Hill Meteorological Observatory. A. Lawrence Rotch, Director. Bulletins (Sonderabdrücke aus dem Scientific American, Supplement). Unter diesen Aufsätzen ist für die Technik der Drachen der wichtigste No. 3, 1899: Fergusson, S. P.: Progress of experiments with kites during 1897—98 at Blue Hill Obs. In Bezug auf die meteorologischen Resultate der Drachenaufstiege ist dagegen No. 1, 1899, besonders werthvoll: Clayton, H. Helm.: Studies of cyclonic and anticyclonic phenomena with kites; diese Arbeit hat auch der Studie von J. W. Sandström: Ueber die Anwendung von Prof. V. Bjerknes' Theorie der Bewegungen in Gasen und Flüssigkeiten auf meteorologische Beobachtungen in den höheren Luftschichten (Stockholm 1900, Sv. Vetensk. Akad. Handl. Bd. 33, No. 4) zu Grunde gelegen.

Digitized by Google

3) Zahlreiche kleine Mittheilungen über die meteorologischen Drachenaufstiege auf dem Blue Hill vom Besitzer und Direktor des Observatoriums, A. Lawrence Rotch, in amerikanischen Zeitschriften, in der „Nature", im Quart. Journ. of the R. Met. Soc. (1897 und 1898), in den Ill. Aër. Mitth. u. s w.

4) Fergusson, S. P.: Progress in meteorological kite-flyings. Science v. 5. Okt. 1900.

II. Weather Bureau, Washington. Von den vier Arbeiten Marvin's sind die drei ersten in der „Monthly Weather Review" erschienen, No. 6 und 7 auch im Separat-Abdruck in 8°; die letzte leider nur als Zirkular für die Beobachter und nicht zur allgemeineren Verbreitung. Die Werke:

5) Marvin, C. F.: A Weather Bureau kite. M. W. R. November 1895.
6) Marvin, C. F.: Kite experiments at the Weather Bureau. M. W. R. April, Mai, Juni, Juli 1896.
7) Marvin, C. F.: The mechanics and equilibrium of kites. M. W. R. April 1897.
8) Marvin, C. F.: Instructions for aerial observers (Circular K). Washington 1898, 8°.

III. Aeronautisches Observatorium des K. Pr. Meteorologischen Instituts, Berlin-Tegel.

9) Assmann, R.: Aus dem Aëronautischen Observatorium des Kgl. Meteor. Instituts. „Das Wetter", 1900, S. 145 und 169. Ein grosser amtlicher Bericht über die Thätigkeit des Observatoriums ist im Druck begriffen.

IV. Militärdrachen zum Heben von Menschen in England und Russland.

10) Baden-Powell, B.: War kites. The Aeronautical Journal, Januar 1899 (mit 5 photogr. Aufnahmen).
11) Baden-Powell, B.: The Baden-Powell kites. Quart. Journ. of the R. Meteor. Soc., Bd. 24, 1898, S. 262. Diesen beiden Schriften gegenüber haben die beiden folgenden ein vorwiegend historisches Interesse.
12) Baden-Powell, B.: Die Verwendung von Drachen zum Aufheben von Menschen. Illustr. Aëronaut. Mittheilungen, Band 1898, S. 42. Die zwei Abbildungen dieses Aufsatzes findet man auch in:
13) Man lifting kites. Aeronaut. Journal, April 1897, S. 5.
14) Bau der russischen viereckigen Drachen (aus dem Russ. übersetzt von Hüther). Illustr. Aëronaut. Mittheilungen, 1899, S. 15.

V. Hargrave's Abhandlungen sind zumeist im „Journal and Proceedings of the Royal Society of New South Wales" erschienen; die wichtigsten für uns sind:

15) Hargrave, Lawrence: Flying machine motors and cellular kites. Bd. 27, 1893, S. 75.
16) Hargrave, Lawrence: Papers on aeronautical work. Bd. 29, 1895, S. 40.
17) Hargrave, Lawrence: On the cellular kite. Bd. 30, 1896, S. 144.
18) Hargrave, Lawrence: The possibility of soaring in horizontal wind. Bd. 31, 1897, S. 207.

VI. Vom Verfasser dieses Berichts sind erschienen und als Ergänzungen zu demselben zu betrachten die Aufsätze:

19) Flug eines ungefesselten Hargrave-Drachens. „Prometheus" 1901, S. 257—262 und 273—276.
20) Beiträge zur Mechanik des Fluges und schwebenden Falles. Illustrirte Aëronautische Mittheilungen, Oktober 1901, S. 149—159.

Die bis jetzt genannten Aufsätze sind grösstentheils, weil sie in Fachzeitschriften erschienen oder überhaupt nicht dem Buchhandel übergeben sind, nicht ganz leicht zugänglich. Zur ersten Orientirung über den Gegenstand aber kann das folgende, durch jede Buchhandlung zu beziehende kleine

VII. Buch empfohlen werden:

21) Rotch, A. Lawrence: Sounding the ocean of air, London 1900, 12°; als Band der Sammlung „The romance of science" erschienen; Kap. 5 desselben ist den Drachen, Kap. 6 den Resultaten der Drachenaufstiege auf dem Blue Hill gewidmet; die übrigen den Wolken und den bemannten oder unbemannten Ballons.

Digitized by Google

Fig. 1. *(S. 8)*

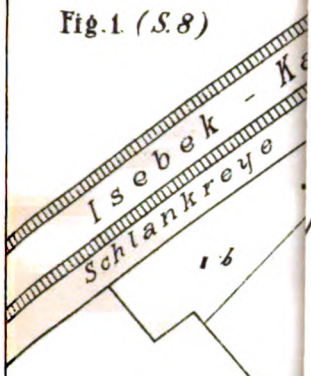
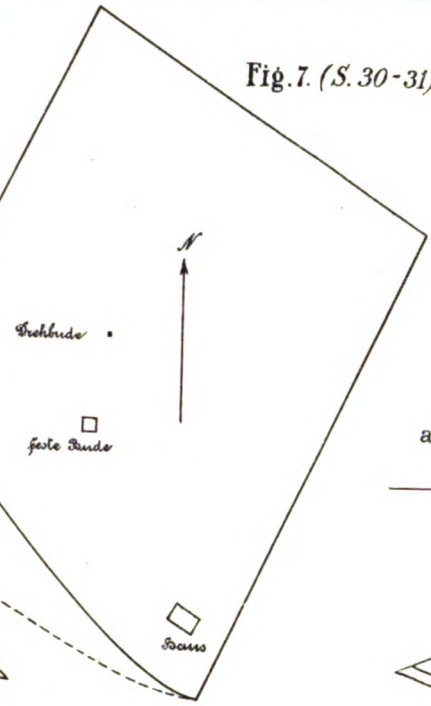


Fig. 7. *(S. 30-31)*



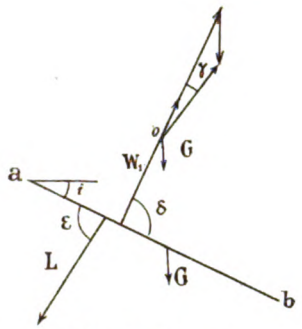
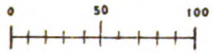


Fig. 8. *(S. 33.)*



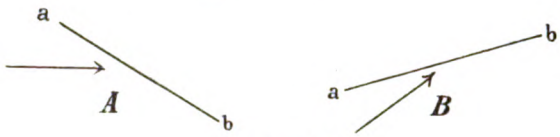
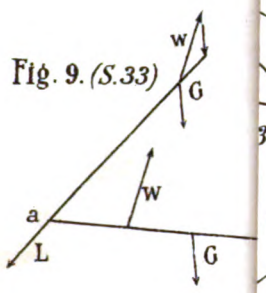


Fig. 16. *(S. 39)*

Fig. 9. *(S. 33)*



38)

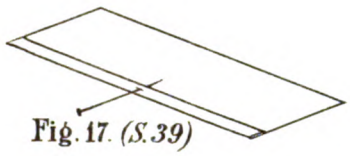
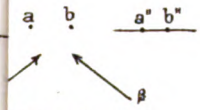
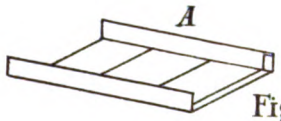


Fig. 17. *(S. 39)*



15 B. *(S. 38)*



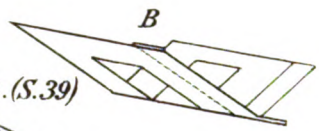


Fig. 18. *(S. 39)*

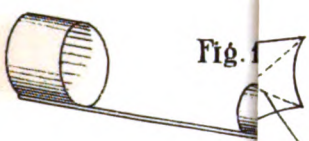


Fig. 1

Fig. 25. *(S. 43)*

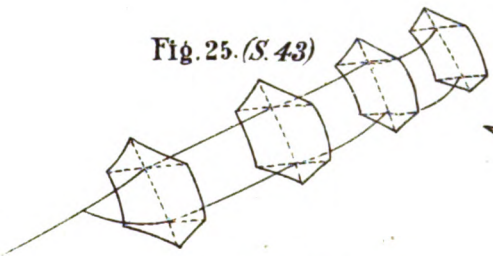
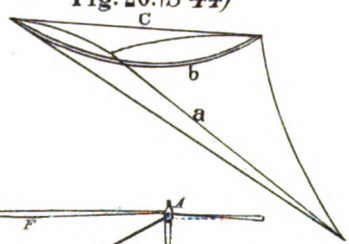


Fig. 26. *(S 44)*



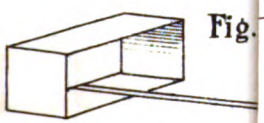
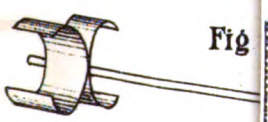
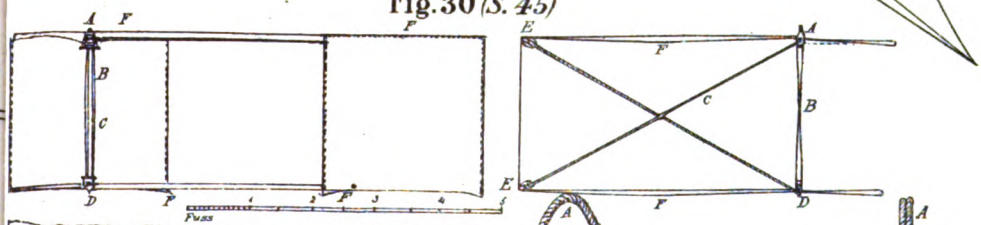


Fig.

Fig. 30 *(S. 45)*



Fig



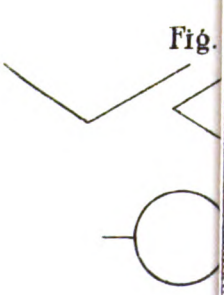
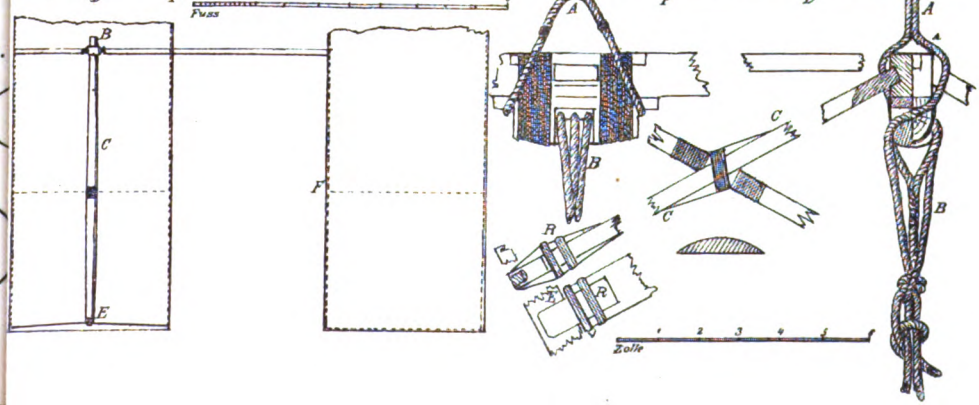


Fig.



Druck der Deutschen Seewarte, Hamburg.

Digitized by Google

Digitized by Google

Fig. 54a (S. 64)

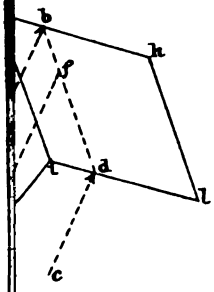
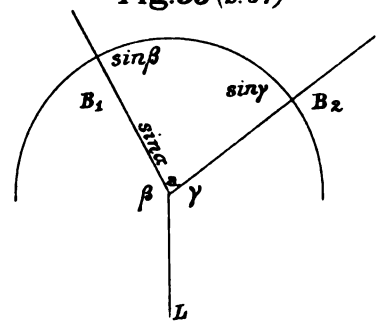


Fig. 55 (S. 64)



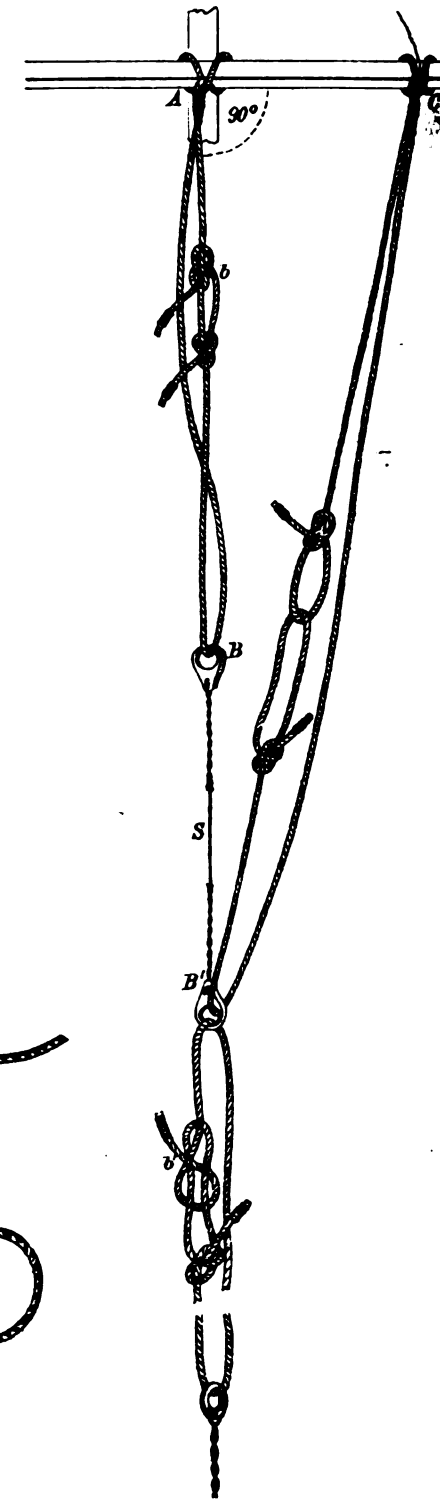


Fig. 57 (S. 66)

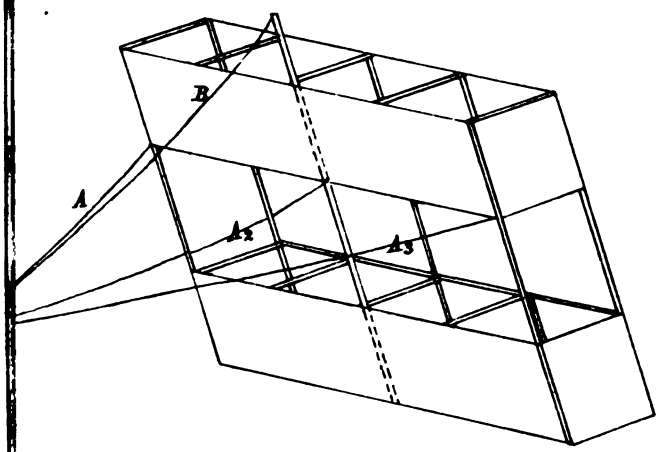


Fig. 62 (S. 68)

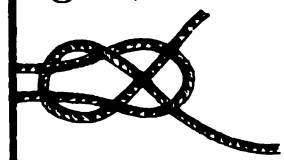


Fig. 62A (S. 68)

Fig. 66 (S. 69)

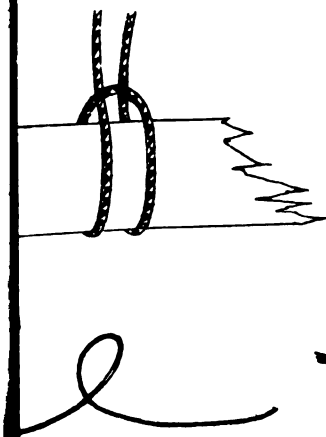


Fig. 67 (S. 68)

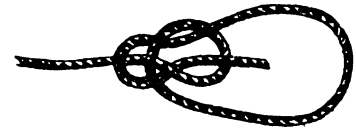
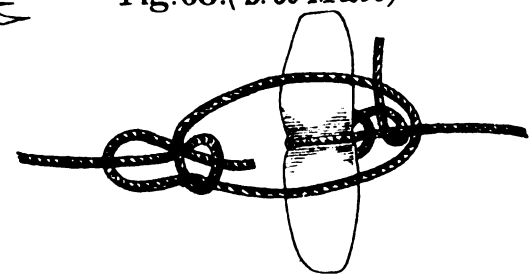


Fig. 68. (S. 69 Mitte)



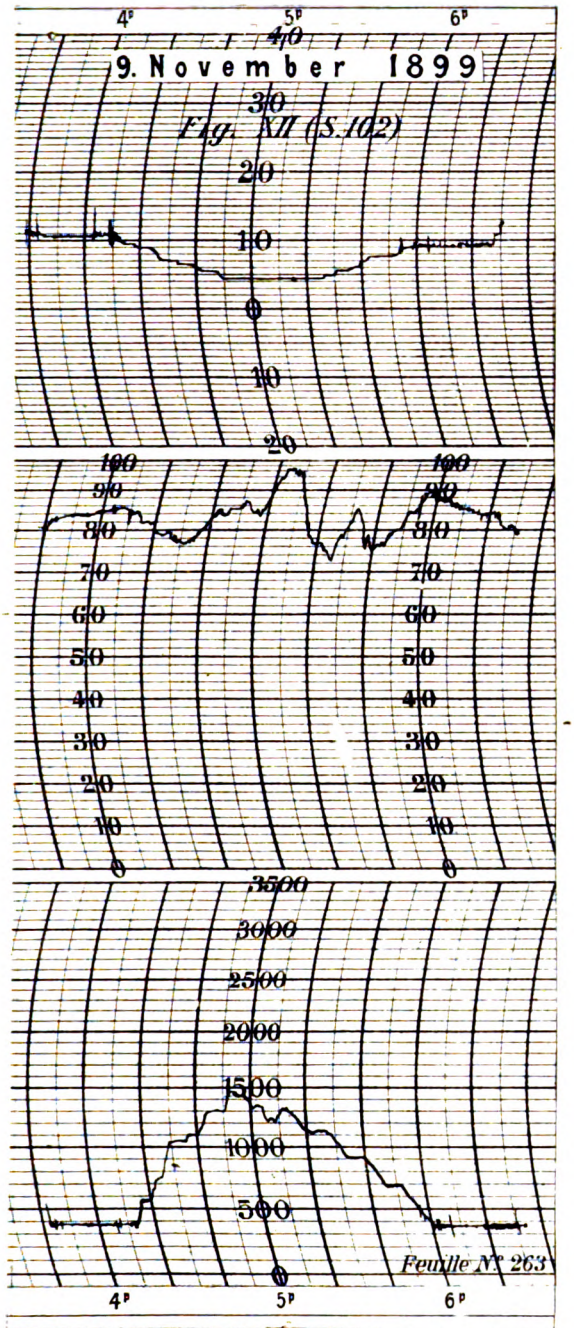
Druck der Deutschen Seewarte Hamburg.

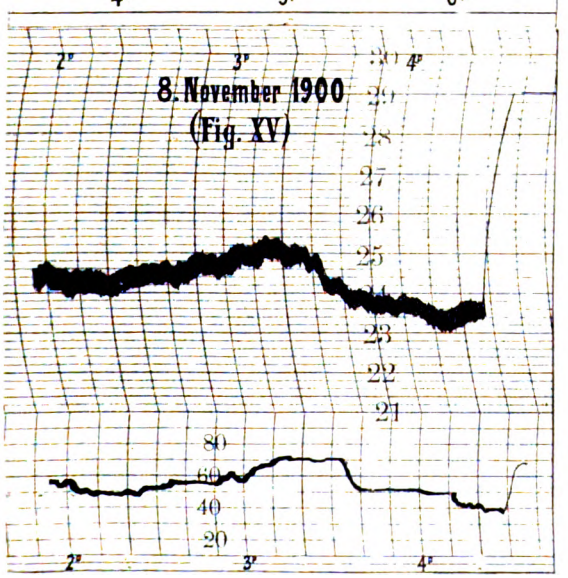
Digitized by Google

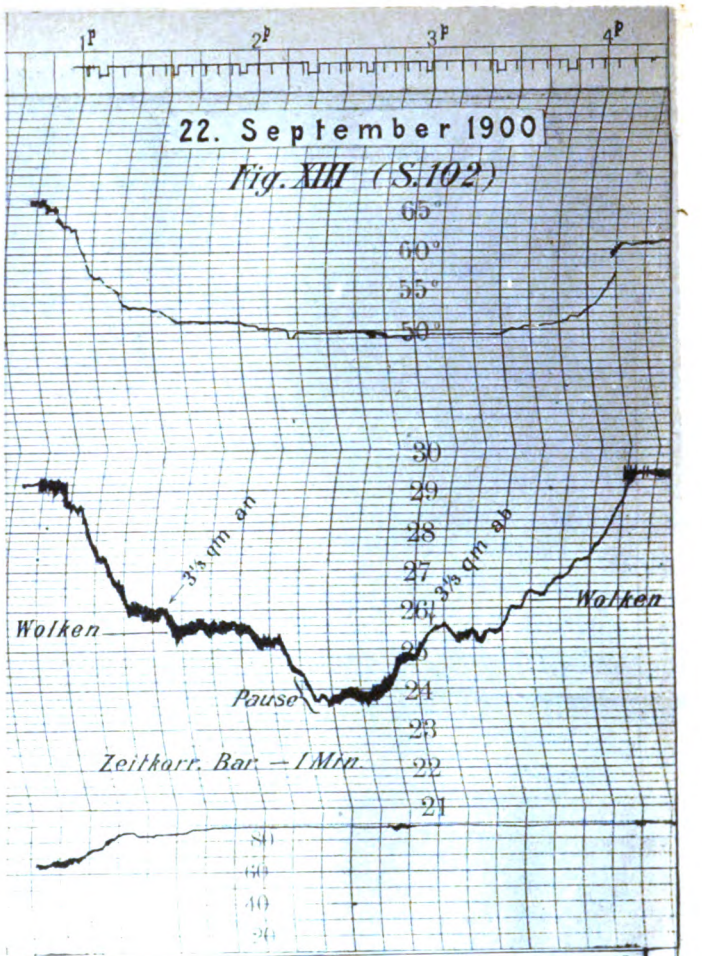
Digitized by Google

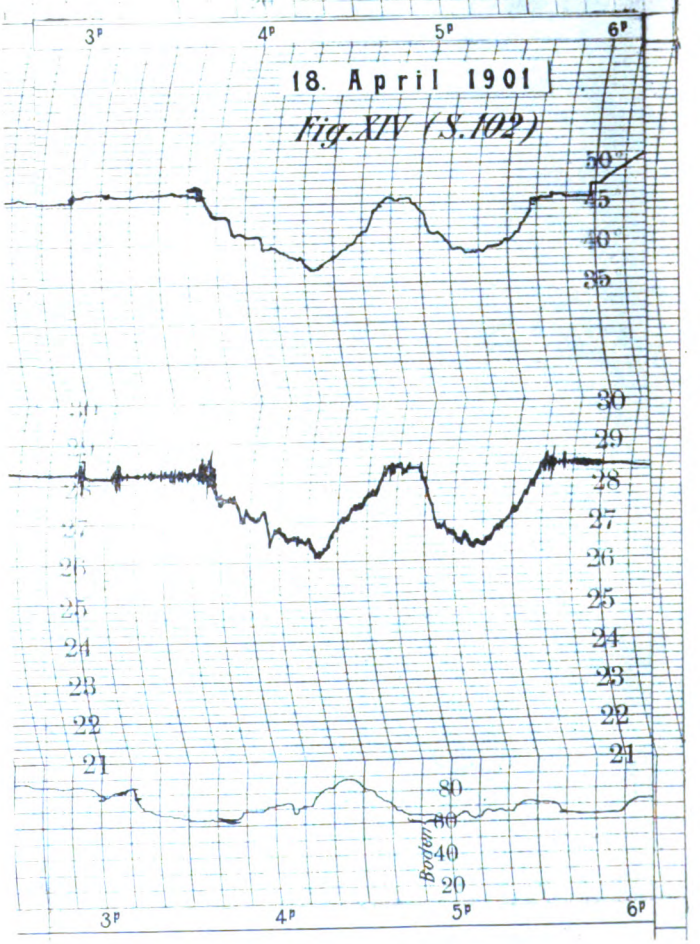
Digitized by Google

Digitized by Google









Digitized by Google

Digitized by Google

AUS DEM
ARCHIV DER DEUTSCHEN SEEWARTE.
XXIV. Jahrgang 1901.
Herausgegeben von der Direktion der Seewarte.

No. 2.

Wissenschaftliche Grundlage einer Wettervorhersage auf mehrere Tage voraus.

(Weitere Folge).

Von

Prof. Dr. **W. J. van Bebber.**

Mit 6 im Texte gegebenen Diagrammen.

HAMBURG, 1901.

Gedruckt bei Hammerich & Lesser in Altona.

Digitized by Google

Digitized by Google

No. 2.

Wissenschaftliche Grundlage einer Wettervorhersage

auf mehrere Tage voraus.

(Weitere Folge.)

Von Prof. Dr. **W. J. van Bebber.**

Zur Vervollständigung des Materiales meiner Arbeiten über Wettertypen*) gebe ich zunächst die Zahlenangaben der Häufigkeit der Wettertypen für das Lustrum 1896 bis 1900 und hieran anschliessend die Werthe für den 25jährigen Zeitraum 1876 bis 1900 wieder.

Tab. I. **Häufigkeit der Wettertypen.** **Lustrum 1896—1900.**

	Anzahl der Fälle													Anzahl der Tage											
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Zentral	N und NE	E und SE	S und SW	W und NW	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Zentral	N und NE	E und SE	S und SW	W und NW
Dezemb.	8	10	11	12	15	14	5	1	9	**12**	**19**	**18**	6*	14	21	18	26	24	27	8	1	16	35	44	**58**	7*
Januar	4	5	7	9	8	10	10	5	12	5	16	12	11	11	18	12	15	15	29	19	12	24	26	30	44	32
Februar	4	5	9	5	5	9	13	3	13	6	12	10	15	9	18	20	6	19	22	20	5	22	27	26	41	24
März	4	3	8	6	8	11	19	6	7*	5	9	11	15	12	8	24	11	16	29	32	12	11*	20	35	45	44
April	9	6	4	2	6	14	11	4	8*	6	4	13	13	16	24	4	5	8	40	35	6	12*	**40**	9	48	41
Mai	5	5	8	2	3	10	14	10	8	6	9	10	14	7	8	14	2	3	19	55	35	12*	15	16	21	**91**
Juni	7	3	4	2	5	15	14	8	16	8	6	**17**	15	20	6	8	2	9	27	28	19	31	26	10	36	47
Juli	5	1	1	—	3	15	22	4	**20**	6	1	15	**23**	9	3	1	—	3	30	57	8	**44**	12*	1*	33	65
August	5	5	8	1	6	14	12	2	18	9	8	12	14	10	12	13	1	10	20	37	11	**41**	22	14	30	48
Septemb.	3	4	5	5	11	12	9	3	12	5	8	13	11	3	10	13	6	17	28	29	8	36	13	19	45	37
Oktober	9	5	13	14	7	4	10	3	13	8	**17**	8*	11	21	5	31	28	12	4	21	6	27	26	**59**	16*	27
Novemb.	5	4	11	8	9	8	8	4	11	6	13	12	8	9	5	50	16	12	16	16	9	17	14	**66**	29	25
Winter	16	20	27	26	28	33	28	9	34	**23**	**47**	40	32	34	57	50	47	58	78	47	18	62	**78**	100	**138**	63*
Frühling	18	14	20	10	17	35	44	20	23*	17*	22	34*	42	35	40	42	18	27	88	122	53	35*	75	60	114	**176**
Sommer	17	9	13	3	14	44	48	14	**54**	**28**	15*	**44**	**52**	39	21	22	3	22	77	122	38	**116**	60	25*	99	160
Herbst	17	13	29	27	27	24	27	10	36	19	38	33*	30*	33	20	94	50	41	48	66	23	80	53*	**144**	90*	89
Jahr	68	56	89	66	86	136	147	53	147	82	122	151	156	141	138	208	118	148	291	357	132	293	276	329	441	488

Auch dieses Lustrum zeigt nur unerhebliche Abweichungen von den vorhergehenden. Ich möchte hier nur noch die Thatsache wiederholt hervorheben, dass auch in diesem Lustrum der Typus III (N—NE) im April ganz besonders hervortritt, ebenso wie in den übrigen Lustren.

Die folgende Tabelle II veranschaulicht die Häufigkeit des Vorkommens der einzelnen Wettertypen für den 25jährigen Zeitraum 1876 bis 1900, und zwar 1) die Anzahl der Fälle überhaupt, ohne Rücksicht auf die Dauer und 2) die Anzahl der Tage, an welchen der betreffende Wettertypus vorkam (auf Grundlage der Wetterkarten der Seewarte, bezogen auf 8 Uhr morgens).

*) Vergl. van Bebber: „Typische Witterungserscheinungen“ in „Aus dem Archiv der Deutschen Seewarte“, Jahrgänge V, No. 3; IX, No. 2; XV, No. 4; XIX, No. 4; insbesondere XXII, No. 5; ferner: „Monatliche Uebersicht der Witterung“, Jahrg. 1880, 1881, 1882, 1885; „Die Wettervorhersage“, 2. Aufl., 1898, bei Enke, Stuttgart; „Beurtheilung des Wetters auf mehrere Tage voraus“, ferner in „Das Wetter“, Jahrg. XIV, 1897, S. 121, 145, 169 und „Ann. der Hydrogr.“ etc., Okt. 1897.

Digitized by Google

Tab. II. **Häufigkeit der Wettertypen.** 25 Jahre 1876—1900.

	Anzahl der Fälle													Anzahl der Tage											
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Zentral	N und NE	E und SE	S und SW	W und NW	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Zentral	N und NE	E und SE	S und SW	W und NW
Dezemb.	30	40	50	50	53	78	39	8	51	45	77	75	43	52	87	101	93	103	153	83	13	107	139	194	236	89
Januar	22	33	42	37	37	55	47	16	44	35	63	58	49	54	101	113	63	68	150	124	29	101	145	195	223	155
Februar	29	28	36	27	32	45	44	16	40	34	51	50	49	72	91	93	51	82	120	87	24	78	161	150	203	110
März	28	18	37	28	40	52	69	20	48	37	50	58	68	77	53	93	48	75	111	183	29	85	132	135	193	208
April	53	45	38	19	29	48	50	33	42	53	52	55	66	170	104	82	27	41	97	146	48	70	270	108	132	212
Mai	33	22	35	17	26	52	58	35	56	35	42	61	63	82	42	61	22	44	104	159	97	104	124	83	149	256
Juni	26	15	17	11	39	70	62	33	79	34	21	81	69	65	30	25	15	61	159	189	81	166	100	43	214	254
Juli	12	6	16	11	43	89	67	17	87	17	24	90	66	20	9	20	16	74	191	186	39	191	28	36	265	226
August	16	18	26	12	48	83	55	10	97	27	34	79	54	35	35	37	18	84	165	151	29	214	72	55	242	181
Septemb.	20	20	38	24	43	60	53	22	74	31	53	67	62	35	53	76	35	76	111	154	46	177	86	98	186	189
Oktober	35	32	55	41	41	44	58	16	53	44	75	59	61	74	61	138	72	65	78	142	33	98	134	210	154	175
Novemb.	25	30	51	42	49	53	34	19	57	48	75	65	37	60	65	148	84	77	93	69	36	95	125	231	154	165
Winter	81	101	128	114	122	174	130	40	135	114	191	183	141	178	279	307	207	253	423	294	66	286	445	539	662	354
Frühling	114	85	110	64	95	152	177	88	146	125	144	174	197	329	199	236	97	160	312	488	174	259	526	326	474	676
Sommer	54	39	59	34	130	242	184	60	263	78	79	250	189	120	74	82	49	219	515	526	149	571	200	134	694	661
Herbst	80	82	144	107	133	157	145	57	184	123	203	191	160	169	179	362	191	218	282	365	115	370	345	539	494	529
Jahr	329	307	441	319	480	725	636	245	728	440	617	798	687	796	731	987	544	850	1532	1673	504	1486	1516	1538	2324	2220

Der besseren Vergleichbarkeit wegen ist in Tabelle III die Häufigkeit der Wettertypen nochmals zusammengestellt und zwar bezogen auf je 100 Monatstage. Figur 1 giebt das Resultat in graphischer Darstellung übersichtlich wieder. Auch hier zeigt sich das eigenthümliche Verhalten des Typus III (N—NE), welcher im April ein hohes Maximum aufweist. Das Maximum des Typus I (W—NW) fällt hier in den Mai, abweichend von dem Verhalten im Zeitraume von 1876 bis 1895. Im übrigen zeigen sich keine nennenswerthe Verschiedenheiten.

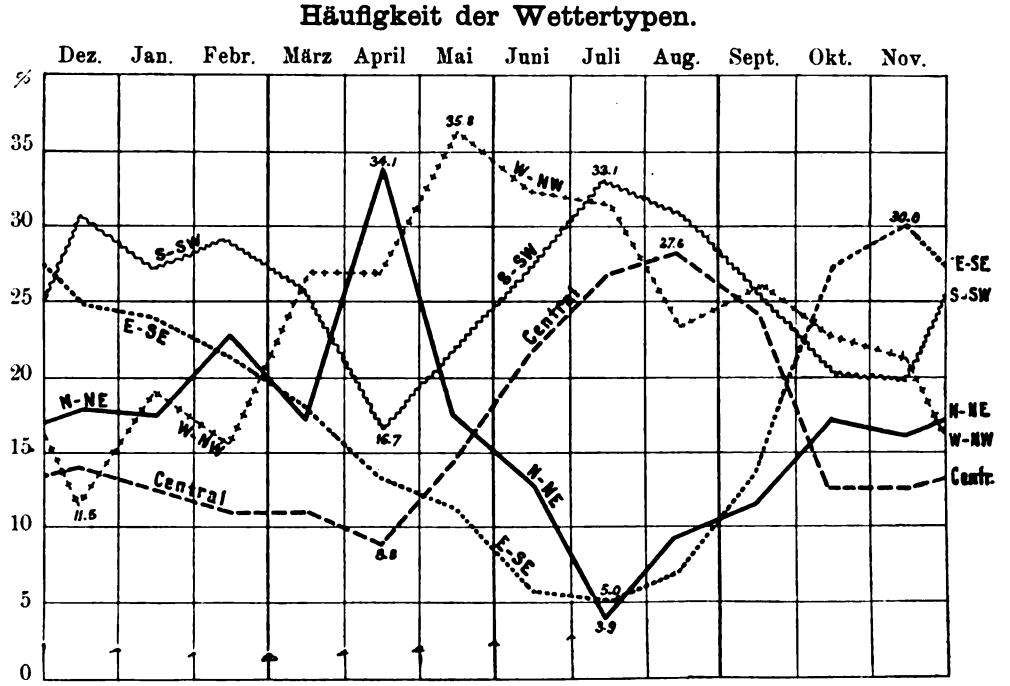
Tab. III. **Häufigkeit der Wettertypen.** 1876 bis 1900.

Bezogen auf je 100 Monatstage.

	Anzahl der Fälle					Anzahl der Tage				
	N–NE	E–SE	S–SW	W–NW	Zentral	III N–NE	IV E–SE	V S–SW	I W–NW	II Zentral
Dezember	5.8	**9.9**	9.7	5.6*	6.6	17.9	25.1	**30.5**	11.5*	13.8
Januar	4.5*	**8.1**	7.5	6.3	5.7*	17.6	23.8	**27.2**	18.9	12.3*
Februar	4.8*	**7.2**	**7.2**	6.9	5.7*	22.9	21.4	**28.9**	15.7	11.1*
März	4.8*	6.5	7.5	**8.8**	6.2*	17.1	17.4	24.9	**26.8**	10.9*
April	7.1	6.9	7.3	**8.8**	5.6*	**34.1**	13.6	16.7	**26.8**	8.8*
Mai	4.5*	5.4*	7.9	**8.1**	7.2	17.3	11.6*	20.8	**35.8**	14.5
Juni	4.5	2.8*	**10.8**	9.2	10.5	12.8	5.5*	27.5	**32.7**	21.4
Juli	2.2*	3.1	**11.6**	8.5	11.2	3.9*	5.0	**33.1**	31.4	26.6
August	3.5*	4.4*	**10.2**	7.0	**12.5**	9.3	7.1*	**31.2**	23.4	27.6
September	4.2*	7.1	8.9	8.3	**9.9**	11.7*	13.3*	**25.2**	**25.7**	**24.1**
Oktober	5.7*	**9.7**	7.6	7.9	6.8*	17.3	**27.1**	19.9	22.6	12.7*
November	6.4	**10.0**	8.7	4.9*	7.6	16.3	**30.0**	20.0	21.4	12.3*
Winter	5.0*	**8.4**	**8.1**	6.3	6.0	19.5	23.4	**28.9**	15.4	12.7*
Frühling	5.5*	6.3	7.6	**8.6**	6.3	22.8	14.2	20.8	**29.8**	11.4*
Sommer	3.4*	3.4*	**10.9**	8.2	**11.4**	8.7	5.9*	**30.6**	29.2	25.2
Herbst	5.4*	**8.6**	8.4	7.0	8.1	15.1*	**23.5**	21.7	23.2	16.4
Jahr	4.8*	6.7	**8.8**	7.5	8.0	16.5*	16.8	**25.5**	24.4	16.4*

Digitized by Google

Fig. 1.



Auch die Dauer der Wettertypen, welche durch Tabelle IV und Figur 2 dargestellt sind, zeigen keine bemerkenswerthe Abweichungen von den früheren Darstellungen; auch hier zeigt der Verlauf der Kurven dieselbe grosse Aehnlichkeit mit demjenigen der Häufigkeit. Dabei ist bemerkenswerth, dass das Maximum für W—NW, entsprechend demjenigen der Häufigkeit vom Juni nach dem Mai verschoben ist. Die Jahresmittel der Dauer liegen zwischen 2.0 und 3.3 Tage; die geringste Beständigkeit haben der zentrale Typus (2.0) und der Typus IV (2.4), die grösste Typus III (3.3) und I (3.2)

Tab. IV. Mittlere Dauer der Wettertypen in Tagen. 1876—1900.

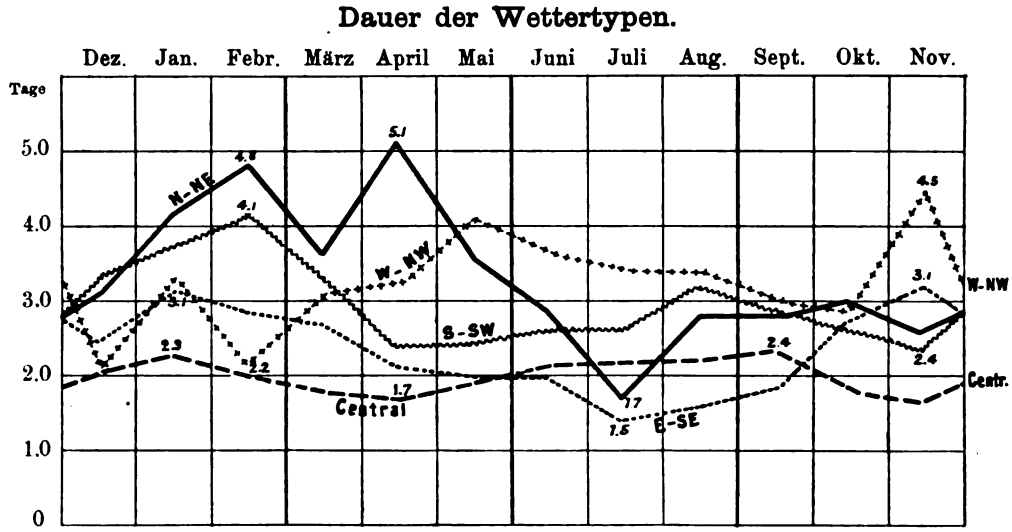
	N—NE III	E—SE IV	S—SW V	W—NW I	Zentral II
Dezember ..	3.1	2.5	3.2	2.1	2.1
Januar	4.1	3.1	3.8	3.2	2.3
Februar	4.8	2.9	4.1	2.2	2.0
März	3.6	2.7	3.3	3.1	1.8
April	5.1	2.1	2.4	3.2	1.7
Mai	3.6	2.0	2.4	4.1	1.9
Juni	2.9	2.0	2.6	3.7	2.1
Juli	1.7	1.5	2.6	3.4	2.2
August	2.7	1.6	3.1	3.4	2.2
September ..	2.8	1.8	2.8	3.0	2.4
Oktober ...	3.0	2.8	2.6	2.9	1.8
November ..	2.6	3.1	2.4	4.5	1.7
Winter	3.9	2.8	3.6	2.5	2.1
Frühling ...	4.1	2.3	3.0	3.5	1.8
Sommer	2.4	1.7	2.8	3.5	2.2
Herbst	2.8	2.6	2.6	3.5	1.9
Jahr	3.3	2.4	3.0	3.2	2.0

Am Schlusse dieses Abschnittes möchte ich noch auf eine meiner früheren Abhandlungen verweisen, welche meines Wissens seiner Zeit wenig beachtet worden ist, nämlich auf „Das Wetter in den barometrischen Maxima“,*) in welcher ich auch die Lage der Maxima in der jährlichen Periode, ebenso ihre Dauer etc.

*) Diese Abhandlung ist erschienen 1892 in „Aus dem Archiv der Deutschen Seewarte“, XV. Jahrgang, No. 4.

Digitized by Google

Fig. 2.



für den Zeitraum 1881—1890 besprochen habe (S. 4 u. ff.). Die damals erhaltenen Ergebnisse stimmen mit den obigen sehr gut überein. Es dürfte nicht uninteressant sein, die Hauptergebnisse hier wiederzugeben: „Im Frühjahr, so heisst es dort, hat die nordöstliche Lage (der Maxima, siehe unten) im allgemeinen das Uebergewicht, namentlich im März und April, aber auch die westliche Lage wird im Frühjahr viel mehr bevorzugt, als im Winter, die westliche im März und die nordwestliche im Mai."

„Im Sommer waltet entschieden die südwestliche bis nordwestliche, namentlich die westliche vor, während alle östlichen Lagen sehr stark zurücktreten. Nur im August kommt die nordöstliche Lage zu einiger Geltung, sich den herbstlichen Verhältnissen anschmiegend."

„Im Herbste sind die Lagen der Maxima von West bis Nordost die häufigsten, dagegen treten die südlichen Lagen entschieden zurück. Nur der November, welcher überhaupt nur eine verhältnissmässig geringe Häufigkeit der maximalen Lage aufweist, zeigt eine ziemlich regelmässige Vertheilung der Lagen."

„Bemerkenswerth ist der starke Kontrast im Winter und Sommer, während Frühjahr und Herbst mehr oder weniger Uebergangsstadien darstellen."

„Was die Häufigkeit der zentralen Lagen anbelangt, so ist diese am grössten im Sommer, insbesondere im Juli und August, dagegen am seltensten im eigentlichen Winter, namentlich im Dezember und Februar, in welch' letzterem Monat (nach Obigem im April, siehe Fig. 1) das Minimum der Häufigkeit fällt. Vom Februar nach dem Juli hin steigt die Häufigkeit stetig mit einer Unterbrechung im Juni, dann nimmt sie wieder ab nach dem Herbst und Winter hin."

Die Uebereinstimmung beider Ergebnisse ist augenfällig; die geringen Abweichungen dürften darin ihren Grund haben, dass die bei der Untersuchung befolgten Methoden nicht dieselben sind. Hierbei bemerken wir, dass bei der älteren Untersuchung als Material die synoptischen Karten der Seewarte benutzt wurden (bezogen auf 8^h a. m.) und dass dabei alle Fälle in Betracht gezogen wurden, in welchen Deutschland innerhalb eines barometrischen Maximums lag, so dass also die Luftbewegung in ganz Deutschland eine antizyklonale war und zwar ohne Rücksicht auf die Höhe des Barometerstandes. Je nach der Lage des Kernes des Maximums wurden auch hier 9 Fälle unterschieden: I Lage des Maximums N und NNE, II in NE und ENE etc. und IX Lage des Maximums über Deutschland oder in dessen unmittelbarer Nähe. Im Folgenden werden wir noch gelegentlich auf diese ältere Arbeit vergleichend zurückkommen.

Witterungscharakter bei den einzelnen Wettertypen.

1) Temperaturverhältnisse.

Zur Feststellung der Temperaturverhältnisse bei den einzelnen Wettertypen habe ich das Dezennium 1891 bis 1900 gewählt und dieses auf Grundlage der Wetterkarten der Seewarte bearbeitet, indem ich die mittleren Temperatur-Abweichungen in den einzelnen Monaten um 8 Uhr morgens für jeden einzelnen Wettertypus berechnete. Dabei wurden die Stationen Hamburg, Neufahrwasser und München als die Repräsentanten bezw. des nordwestlichen, östlichen und südlichen Deutschlands gewählt.

Digitized by Google

Tab. V. **Temperaturabweichungen vom Mittel von 1891 bis 1900.**

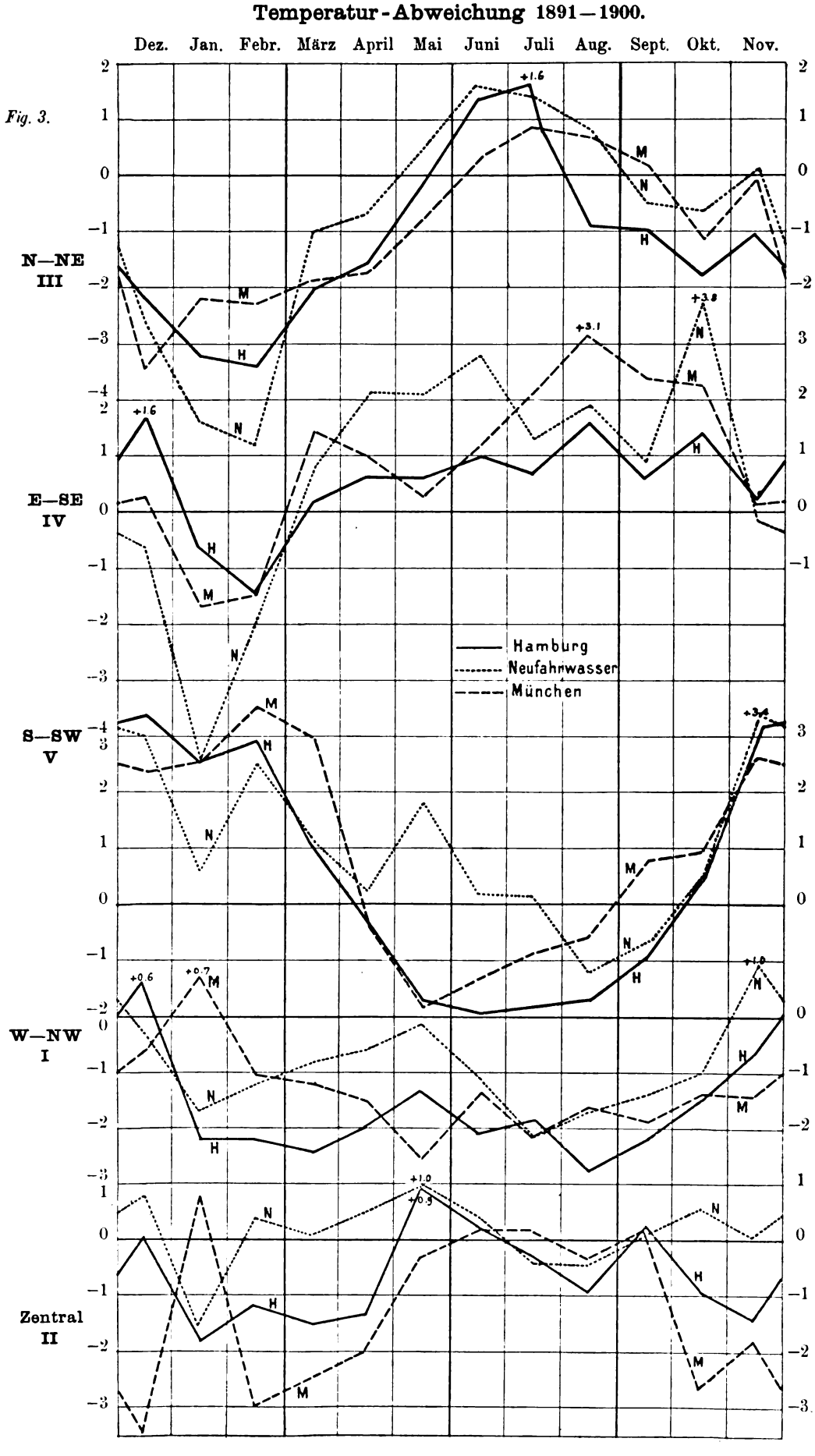
	N			NE			E			SE			S			SW			W			NW			Zentral		
	H.	N.	M.	H.	N.	M.	H.	N.	M.	H.	N.	M.	H.	N.	M.	H.	N.	M.	H.	N.	M.	H.	N.	M.	H.	N.	M.
Dez.	−2.0	−2.5	−2.9	−2.6	−2.9	−3.9	+0.6	−1.8	+0.9	+2.6	+0.6	−0.3	+4.5	+4.0	+0.4	+2.3	+1.9	+4.3	+0.2	−0.1	−0.4	+1.0	0	−1.0	0	+0.8	−3.3
Januar	−3.3	−3.1	−2.4	−3.1	−5.8	−2.1	−1.7	−8.1	−3.0	+1.2	−0.7	+0.5	+2.7	+2.5	+1.0	+2.5	−1.4	+4.0	−2.2	−1.8	+3.4	−2.3	−1.6	−2.2	−1.8	−1.6	+0.8
Februar	−4.4	−4.4	−3.2	−2.4	−5.2	−1.2	−0.7	−1.4	0	−2.3	−2.4	−3.0	+3.0	+2.1	+2.9	+2.8	+3.0	+4.1	−0.6	−0.1	−0.4	−3.7	−2.3	−1.6	−1.2	+0.4	−3.0
März	−2.1	−0.6	−1.5	−1.8	−1.3	−2.3	−0.1	+0.1	+1.3	+0.5	+1.5	+1.5	+1.8	+1.5	+4.2	+0.5	+1.1	+1.8	−1.8	−0.4	−1.5	−3.1	−1.2	−1.0	−1.5	+0.1	−2.5
April	−2.1	−1.4	−2.3	−1.0	0	−1.1	+1.1	+2.7	+0.8	0	+1.7	+1.0	0	+0.1	+0.2	−0.9	+0.3	−0.8	−2.6	−0.4	−2.6	−1.4	−0.7	−0.4	−1.3	+0.5	−2.0
Mai	−0.3	−0.4	−1.5	+0.1	+1.3	−0.3	+1.5	+3.1	+1.1	−0.3	+1.0	−0.5	−0.6	+2.0	−0.8	−2.6	+0.7	−3.0	−1.4	+0.9	−2.6	−1.3	−1.3	−2.5	+1.0	+0.9	−0.2
Juni	+1.6	−0.4	+0.2	+1.0	+3.5	+0.4	+1.3	+3.2	+0.5	+0.7	+2.3	+1.7	−1.7	+0.5	+0.4	−2.1	−0.3	−3.1	−2.5	−0.9	−2.6	−1.6	−1.3	−0.1	+0.3	+0.4	+0.1
Juli	+0.8	−0.3	+0.7	+2.5	+3.0	+0.8	+0.7	+0.8	+1.9	+0.7	+1.8	+2.3	−1.5	+0.2	−0.5	−1.8	−0.1	−1.3	−2.5	−1.4	−2.4	−1.3	−2.9	−1.7	−0.2	−0.3	+0.2
August	−0.6	−0.2	+1.1	−1.2	+1.7	−0.3	+1.7	+2.0	+3.1	+1.6	+1.8	+3.2	−1.6	−1.0	−0.1	−1.9	−1.3	−1.2	−2.4	−1.5	−2.1	−3.0	−1.9	−1.4	−0.9	−0.4	−0.2
Sept.	−1.3	0	+0.5	−0.8	−1.0	−0.3	+0.7	+0.8	+2.7	+0.5	+0.9	+2.1	−0.3	−0.2	+2.4	−1.7	−1.1	−0.8	−2.0	−1.0	−2.0	−2.4	−1.7	−1.8	+0.3	+0.2	+0.1
Oktob.	−2.2	−0.2	−0.9	−1.5	−1.0	−1.3	+1.3	+6.1	+0.4	+1.4	+1.6	+4.0	+1.1	+1.1	+1.6	0	−0.3	+0.2	−1.8	−1.1	−0.9	−1.1	−1.0	−1.8	−0.9	+0.5	−2.7
Nov.	−1.3	+0.5	−0.5	−0.9	−0.3	+0.6	+0.2	−0.7	+0.2	+0.3	+0.5	+0.2	+3.5	+3.7	+3.2	+2.9	+3.2	+2.2	−0.1	+1.1	+1.2	−0.6	+0.9	−4.0	−1.4	+0.1	−1.8
Winter	−3.2	−3.3	−2.8	−2.7	−4.6	−2.4	−0.6	−3.8	−0.7	+0.5	−0.8	−0.9	+3.4	+2.9	+1.4	+2.5	+1.2	+4.1	−0.5	−0.7	+1.1	−1.7	−1.3	−1.6	−1.0	−0.1	−1.8
Frühlg.	−1.5	−0.8	−1.8	−0.9	0	−1.2	+0.8	+2.0	+1.1	+0.1	+1.4	+0.7	+0.4	+1.2	+1.2	−1.0	+0.7	−0.7	−1.9	0	−2.2	−1.9	−1.1	−1.3	−0.6	+0.5	−1.6
Sommer	+0.6	−0.3	+0.7	+1.1	+2.7	+0.3	+1.2	+2.0	+1.8	+1.0	+2.0	+2.4	−1.6	−0.1	−0.1	−1.9	−0.6	−1.9	−2.5	−1.3	−2.4	−2.0	−2.0	−1.1	−0.2	−0.1	0
Herbst	−1.6	+0.1	−0.3	−1.1	−0.8	−0.3	+0.7	+2.1	+1.1	+0.7	+1.0	+2.1	+1.4	+1.5	+2.4	+0.4	+0.6	+0.5	−1.3	−0.3	−0.6	−1.4	−0.6	−2.5	−0.7	+0.3	−1.5

Tab. VI. **Temperaturabweichungen vom Mittel von 1891 bis 1900.**

	N—NE			E—SE			S—SW			W—NW			Zentral		
	H.	N.	M.	H.	N.	M.	H.	N.	M.	H.	N.	M.	H.	N.	M.
Dezember	−2.3	−2.7	−3.4	+1.6	−0.6	+0.3	+3.4	+3.0	+2.4	+0.6	−0.1	−0.7	0	+0.8	−3.3
Januar	−3.2	−4.4	−2.2	−0.6	−4.4	−1.7	+2.6	+0.6	+2.5	−2.2	−1.7	+0.7	−1.8	−1.6	+0.8
Februar	−3.4	−4.8	−2.3	−1.5	−1.9	−1.5	+2.9	+2.5	+3.5	−2.2	−1.2	−1.0	−1.2	+0.4	−3.0
März	−2.0	−1.0	−1.9	+0.2	+0.8	+1.4	+1.2	+1.3	+3.0	−2.4	−0.8	−1.2	−1.5	+0.1	−2.5
April	−1.6	−0.7	−1.7	+0.6	+2.2	+1.0	−0.4	+0.2	−0.3	−2.0	−0.6	−1.5	−1.3	+0.5	−2.0
Mai	−0.1	+0.4	−0.9	+0.6	+2.1	+0.3	−1.6	+1.8	−1.9	−1.4	−0.2	−2.5	+1.0	+0.9	−0.2
Juni	+1.3	+1.6	+0.3	+1.0	+2.8	+1.1	−1.9	+0.1	−1.4	−2.1	−1.1	−1.4	+0.3	+0.4	+0.1
Juli	+1.6	+1.4	+0.8	+0.7	+1.3	+2.1	−1.8	+0.1	−0.9	−1.9	−2.1	−2.1	−0.2	−0.3	+0.2
August	−0.9	+0.8	+0.7	+1.6	+1.9	+3.1	−1.7	−1.2	−0.6	−2.7	−1.7	−1.7	−0.9	−0.4	−0.2
September	−1.0	−0.5	+0.1	+0.6	+0.9	+2.4	−1.0	−0.7	+0.8	−2.2	−1.4	−1.9	+0.3	+0.2	+0.1
Oktober	−1.8	−0.6	−1.1	+1.4	+3.8	+2.2	+0.5	+0.4	+0.9	−1.5	−1.0	−1.4	−0.9	+0.5	−2.7
November	−1.1	+0.1	0	+0.2	−0.1	+0.2	+3.2	+3.4	+2.7	−0.4	+1.0	−1.4	−1.4	+0.1	−1.8
Winter	−2.9	−4.0	−2.6	−0.2	−2.3	−1.0	+3.0	+2.0	+2.8	−1.3	−1.0	−0.3	−1.0	−0.1	−1.8
Frühling	−1.2	−0.4	−1.5	+0.5	+1.7	+0.9	−0.3	+1.1	+0.6	−1.9	−0.5	−1.7	−0.6	+0.5	−1.6
Sommer	+0.7	−1.3	+0.6	+1.1	+2.0	+2.1	−1.8	−0.3	−1.0	−2.3	−1.6	−1.7	−0.2	−0.1	0
Herbst	−1.3	−0.3	−0.3	+0.7	+1.5	+1.6	+0.9	+1.0	+1.5	−1.4	−1.1	−1.6	−0.7	+0.3	−1.5

Digitized by Google

Fig. 3.



Digitized by Google

Typus I (W—NW) ist kalt in allen Jahreszeiten, namentlich in der wärmeren Jahreszeit; nur in den Wintermonaten nähert er sich den durchschnittlichen Wärmeverhältnissen.

Typus II (zentral) ist im allgemeinen kalt in allen Jahreszeiten; nur im Sommer zeigt er ausgesprochene, wenn auch geringfügige positive Abweichungen. Dasselbe Verhalten fand ich auch in meiner Untersuchung „Das Wetter in den barometrischen Maxima". Ich bemerkte damals:

„Die zentrale Lage ist in Bezug auf die Temperatur-Abweichungen im Jahresdurchschnitte negativ, am meisten negativ für die südlichen Gebietstheile, in welchen Nordostwinde vorherrschen. In allen Jahreszeiten ist die mittlere Temperatur-Abweichung negativ, am meisten zur Winterszeit, nur die Monate von Mai bis Juli zeigen einen geringen Wärmeüberschuss; die Abweichung im August ist wieder entschieden negativ. Es erscheint bemerkenswerth, dass die negativen Abweichungen im Winter gegenüber denjenigen in den anderen Lagen sehr gering sind, während im Sommer die Temperatur-Verhältnisse mitten im Maximum einen nahezu normalen Werth haben. Dieses Verhalten steht nicht im Einklange mit den Bemerkungen, welche man vielfach zur Charakteristik des Wetters in den Maxima angeführt findet, nämlich, dass diese sich auszeichnen durch grosse Hitze im Sommer und strenge Kälte im Winter. Im allgemeinen trifft diese Bemerkung nicht zu, wohl aber in Einzelfällen (die leider gerade in der Meteorologie nur zu oft als Beweise angeführt werden und der Wissenschaft sehr viel geschadet haben), in welchen die Ein- und Ausstrahlung unter günstigen Verhältnissen längere Zeit gewirkt haben. In den allermeisten Fällen ist es der Lufttransport, welcher das Uebermaass oder den Mangel der Wärme in unseren Gegenden der Hauptsache nach bedingt."

„Man könnte noch einwenden, dass die hier in Betracht kommenden Temperatur-Abweichungen sich nur auf 8 Uhr morgens beziehen, während die höchsten Temperaturen in den ersten Nachmittagsstunden, insbesondere in der wärmeren Jahreszeit, in den barometrischen Maxima einen beträchtlich hohen Werth erhalten müssten. Um hierüber Klarheit zu gewinnen, wurde die Untersuchung auch für 2 Uhr nachmittags durchgeführt. Hierbei wurde auch gleichzeitig die Höhe des Kernes des barometrischen Maximums in Betracht gezogen, indem ja in der Regel die höheren Maxima auch eine grössere Beständigkeit nachweisen, als minder hohe. Maxima über 780 mm waren in dem Zeitraume 1881 bis 1890 3 zu verzeichnen und zwar für die kältere Jahreszeit (Januar). Diese ergaben folgende Abweichungen: 8 Uhr morgens für Hamburg $-3.7°$, für Neufahrwasser $-2.7°$ und für München $-1.0°$, für 2 Uhr nachmittags resp. $-2.0°$, $+1.7°$, $-2.0°$; aus diesen wenigen Angaben ist eine Schlussfolgerung natürlich nicht zulässig. Allerdings ist in den zentralen Maxima die Temperatur um Mittag gewöhnlich höher, als am Morgen, allein dieser Betrag zeigte sich durch die Untersuchung durchschnittlich so unbedeutend, dass die oben aufgestellte Behauptung keineswegs umgestossen wird. Auch die Höhe der Maxima scheint an und für sich durchschnittlich wenig Einfluss auf die Temperaturen in denselben zu haben." —

Typus III (N—NE) zeigt für alle Gebietstheile in der Jahresperiode einen ziemlich regelmässigen Verlauf: im Winter ist er sehr kalt, im Frühjahr nimmt er rasch an Wärme zu, im Sommer hat er nicht unerhebliche positive Abweichungen, die nach dem Herbst hin entschieden in negative übergehen.

Typus IV (E—SE) ist im allgemeinen ein warmer Typus, nur im Winter zeigt er entschieden negative Abweichungen, wogegen der Sommer und meist auch der Herbst einen bedeutenden Wärmeüberschuss aufweist. Auffallend ist dabei der beträchtliche Wärmemangel im Januar, dagegen die erhebliche Erwärmung im Oktober für das nordöstliche Deutschland.

Typus V (S—SW) zeigt zu den eben besprochenen Typen einen Gegensatz: er ist in der kälteren Jahreszeit warm, dagegen recht kühl in der wärmeren Jahreszeit. Der Verlauf in der jährlichen Periode ist für alle drei Gebietstheile gleichmässig, nur zeigt das östliche Deutschland im Januar und Mai ziemlich erhebliche Abweichungen, gegenüber dem Verhalten in den anderen Gebietstheilen ist der Januar zu kalt, der Mai zu warm.

2) Bewölkungs-Verhältnisse.

Die Temperatur-Verhältnisse stehen in innigstem Verhältnisse mit der Bewölkung, und daher habe ich auch hier zur Untersuchung das Dezennium 1891 bis 1900 gewählt. Bei Bestimmung der Bewölkungsgrösse wurde die Skala 0 bis 4 zu Grunde gelegt, wie sie bei der Konstruktion der Wetterkarten gebräuchlich ist. Auch wurde das ganze Gebiet in das nordwestliche, östliche und südliche Deutschland nach den Repräsentanten Hamburg, Neufahrwasser und München geschieden. Das Ergebniss dieser Untersrchung ist durch Tabelle VII und VIII, sowie durch das Diagramm Figur 4 veranschaulicht.

Digitized by Google

Tab. VII. **Mittlere Bewölkung von 1891 bis 1900.**

	N			NE			E			SE			S			SW			W			NW			Zentral		
	H.	N.	M.	H.	N.	M.	H.	N.	M.	H.	N.	M.	H.	N.	M.	H.	N.	M.	H.	N.	M.	H.	N.	M.	H.	N.	M.
Dezember ..	3.2	3.5	3.5	3.7	3.3	3.5	3.2	3.5	3.2	3.4	3.0	2.6	3.8	3.5	2.6	3.2	3.2	3.2	3.3	3.2	3.2	4.0	4.0	4.0	3.4	3.2	2.7
Januar	3.2	3.6	3.1	3.4	3.1	3.7	3.0	2.3	3.2	2.9	3.1	2.7	3.1	3.1	2.4	3.4	3.2	3.7	3.3	3.5	2.8	3.2	3.1	3.7	3.1	3.3	3.3
Februar	2.3	3.3	2.8	2.6	2.3	2.3	3.2	2.5	2.5	2.6	3.6	1.8	3.4	3.4	2.1	3.5	3.5	3.3	3.0	4.2	3.1	3.2	3.5	3.0	3.0	3.0	1.9
März	3.1	3.1	2.6	3.1	3.4	2.7	2.7	3.0	2.6	2.9	2.9	1.7	3.4	2.8	2.7	3.8	3.5	2.8	2.7	3.0	2.9	2.5	3.5	3.8	2.0	3.0	1.5
April	2.5	2.8	2.4	2.9	2.8	2.7	2.5	1.9	2.2	2.2	2.1	2.1	2.6	3.2	2.1	3.4	2.8	2.9	2.9	2.9	2.9	2.6	2.4	1.7	1.7	1.6	1.6
Mai	2.1	1.9	2.5	2.7	2.7	2.5	2.3	1.6	2.0	2.5	2.5	1.3	2.0	2.9	1.6	2.9	2.9	3.4	3.0	2.7	2.9	2.2	2.4	2.6	1.4	1.7	1.2
Juni	1.5	2.2	1.7	3.3	2.0	2.1	2.5	0.8	2.7	3.0	2.7	1.7	3.3	2.2	2.7	3.1	2.5	3.0	2.4	2.2	2.5	2.2	1.5	1.7	2.8	2.6	1.3
Juli	1.7	2.0	1.3	1.8	0.8	1.5	3.1	1.7	1.8	3.7	2.9	1.9	2.9	2.8	2.2	3.0	2.6	2.4	2.2	1.5	2.0	1.9	2.1	2.0	1.9	1.8	1.2
August	1.0	1.5	2.1	2.1	1.5	2.2	2.6	1.0	1.5	2.3	1.9	1.3	3.0	2.9	1.8	3.1	2.8	2.8	2.7	2.1	2.5	2.2	2.0	2.0	2.3	2.1	1.3
September ..	3.2	2.5	3.5	2.8	2.9	3.1	2.5	1.8	1.8	3.0	2.5	2.9	2.9	2.7	2.9	3.0	2.5	3.3	2.7	2.5	2.7	2.5	2.5	3.0	2.2	1.9	0.9
Oktober	3.1	3.5	3.0	3.4	3.1	2.8	3.2	2.7	2.6	3.3	3.3	2.3	3.3	3.0	2.7	3.0	2.8	2.6	2.9	2.9	3.3	3.5	3.5	3.2	3.0	2.3	1.8
November ..	3.2	3.7	3.8	3.4	3.8	3.4	3.4	3.4	3.3	3.1	2.6	2.2	3.4	3.3	2.6	3.5	3.6	2.9	2.6	3.0	2.9	2.5	3.0	3.4	3.1	2.7	2.6

Tab. VIII. **Mittlere Bewölkung von 1891 bis 1900.**

	N—NE			E—SE			S—SW			W—NW			Zentral		
	H.	N.	M.	H.	N.	M.	H.	N.	M.	H.	N.	M.	H.	N.	M.
Dezember ..	3.4	3.4	3.5	3.3	3.2	2.9	3.5	3.4	2.4	3.6	3.6	3.6	3.4	3.2	2.7
Januar	3.3	3.3	3.4	3.0	2.7	3.0	3.2	3.2	3.0	3.2	3.3	3.2	3.1	3.3	3.3
Februar	2.4	2.8	2.5	2.9	3.0	2.2	3.4	3.4	2.7	3.1	3.8	3.0	3.0	3.0	1.9
März	3.1	3.2	2.6	2.8	3.0	2.2	3.6	3.2	2.8	2.6	3.2	3.4	2.0	3.0	1.5
April	2.7	2.8	2.6	2.4	2.0	2.2	3.0	3.0	2.5	2.8	2.6	2.3	1.7	1.6	1.6
Mai	2.4	2.3	2.5	2.4	2.0	1.6	2.4	2.9	2.5	2.6	2.6	2.8	1.4	1.7	1.2
Juni	2.4	2.1	1.9	2.8	1.8	2.2	3.2	2.4	2.8	2.3	1.8	2.1	2.8	2.6	1.3
Juli	1.8	1.4	1.4	3.4	2.3	1.8	3.0	2.7	2.3	2.0	1.8	2.0	1.9	1.8	1.2
August	1.6	1.5	2.2	2.4	1.4	1.4	3.0	2.8	2.3	2.4	2.0	2.2	2.3	2.1	1.3
September .	3.0	2.7	3.3	2.8	2.2	2.4	3.0	2.6	3.1	2.6	2.5	2.8	2.2	1.9	0.9
Oktober	3.2	3.3	2.9	3.2	3.0	2.4	3.2	2.9	2.6	3.2	3.2	3.2	3.0	2.3	1.8
November .	3.3	3.8	3.6	3.2	3.0	2.8	3.4	3.4	2.8	2.6	3.0	3.2	3.1	2.7	2.6
Winter	3.0	3.2	3.1	3.1	3.0	2.7	3.4	3.3	2.9	3.3	3.6	3.3	3.2	3.2	2.6
Frühling ..	2.7	2.8	2.6	2.5	2.3	2.0	3.0	3.0	2.6	2.7	2.8	2.8	1.7	2.1	1.4
Sommer	1.9	1.7	1.8	2.9	1.8	1.8	3.1	2.6	2.5	2.2	1.9	2.1	2.4	2.2	1.3
Herbst	3.2	3.3	3.2	3.1	2.7	2.5	3.2	3.0	2.8	2.8	2.9	3.1	2.8	2.3	1.8
Jahr	2.7	2.8	2.7	2.9	2.4	2.2	3.2	3.0	2.7	2.8	2.8	2.8	2.5	2.4	1.8

Vergleichend lasse ich hier wieder die Ergebnisse folgen, welche ich in meiner früheren Arbeit über „Das Wetter in den barometrischen Maxima“ (1881—1890) erhielt:

„Die Bewölkung ist im allgemeinen am geringsten, wenn der Kern des barometrischen Maximums an der Nord- und Ostseite des Horizontes liegt, und in der zentralen Lage, dagegen am grössten, wenn sich jener im Südwesten befindet. Dieses entspricht auch den Windrichtungen, sodass im ersteren Falle nordöstliche bis südliche (also hauptsächlich kontinentale) Winde, im letzteren westliche (also ozeanische) Winde vorherrschend sind.“

„In allen Jahreszeiten liegt das Maximum der Bewölkung auf der Nordostseite, das Minimum auf der Westseite des Hochdruckgebietes. Während im Winter und Herbst die Bewölkungsgrösse auf alle Lagen sich ziemlich gleichmässig vertheilt, ist im Frühjahr und Sommer der Gegensatz zwischen Ost- und Westseite scharf ausgeprägt.“

„Der zentrale Theil des Maximums zeigt im Sommer nur geringe Bewölkung, so dass der Einstrahlung durch die Sonne nur ein geringes Hemmniss entgegengesetzt wird, und doch zeigt die Temperatur im zen-

Digitized by Google

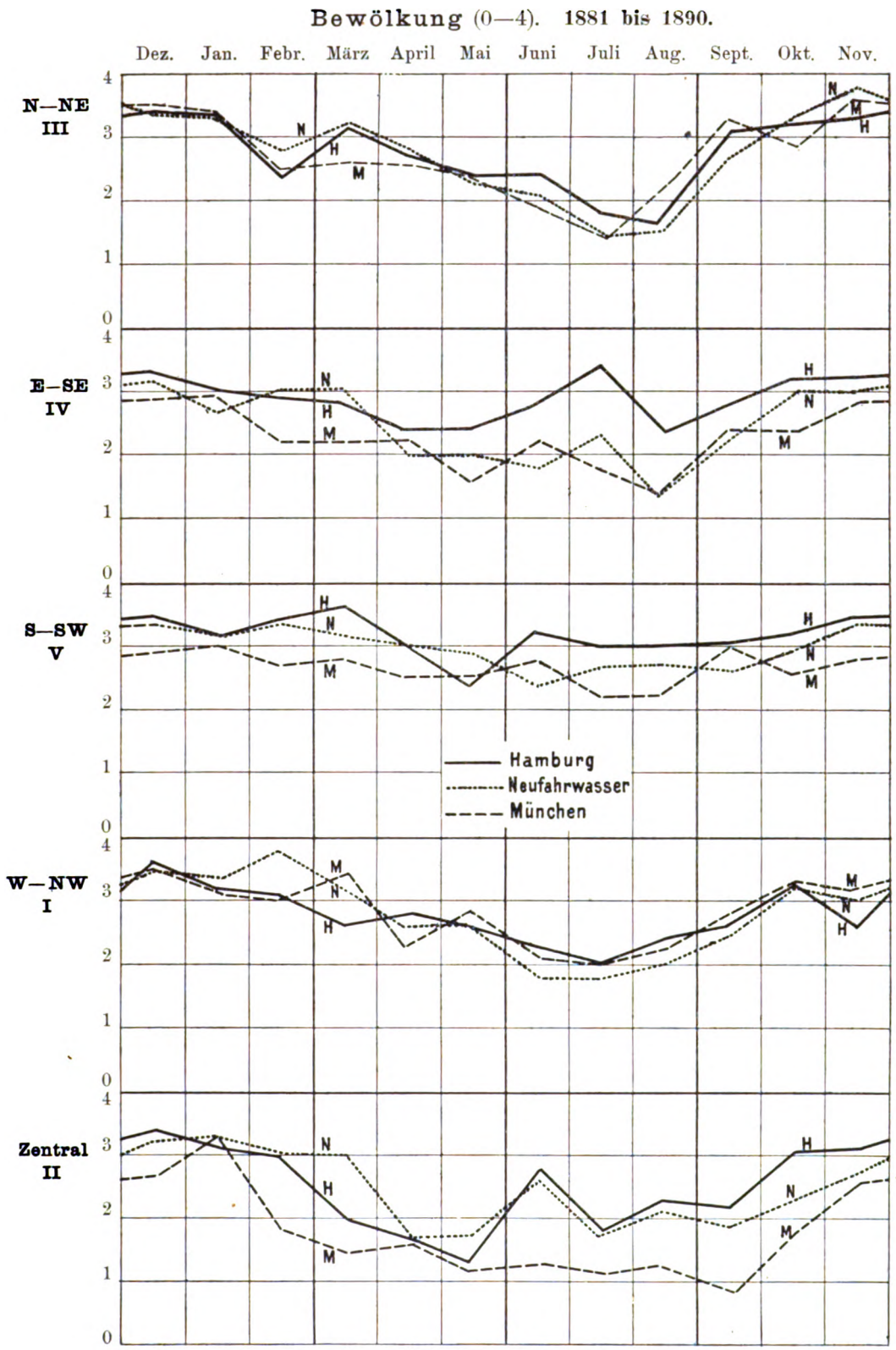


Fig. 4.

Digitized by Google

tralen Theile keinen nennenswerthen Ueberschuss, ein Umstand, auf welchen schon oben aufmerksam gemacht wurde. Starke Sommerhitze kann nur hervorgebracht werden durch lang anhaltende Einstrahlung, oder durch den Lufttransport, oder, wie es in der Regel der Fall ist, durch das Zusammenwirken beider Ursachen. Die ausserordentlich starken Erwärmungen im Mai und im August 1892 geben hierfür treffliche Belege."

3) Regenhäufigkeit.

Die Regenhäufigkeit bei den einzelnen Wettertypen wurde für den 25jährigen Zeitraum 1876 bis 1900 berechnet. Dabei wurden unterschieden 1) Tage, an denen nur auf beschränktem Gebiete Niederschlag fiel (stellenweise Regen) und 2) Tage, an welchen auf dem ganzen Gebiete Niederschläge stattfanden (allgemein Regen). Tabelle XII veranschaulicht die Regenhäufigkeit in Prozenten.

Tab. IX.

	N		NE		E		SE		S		SW		W		NW		Zentral
	st.	u. allg.	st.	u. allg.	st.	u. allg.	st.	u. allg.	st.	u. allg.	st.	u. allg.	st.	u. allg.	st.	u. allg.	st. u. allg.
Dezember	18		31		54		55		74		115		47		5		35
Januar	9		31		35		32		47		90		53		6		14
Februar	10		29		53		29		43		92		42		5		16
März	30		24		42		41		57		100		92		13		17
April	75		77		67		22		36		83		79		31		30
Mai	62		33		41		18		28		90		147		74		54
Juni	44		19		23		15		53		127		135		37		83
Juli	18		9		15		15		87		167		181		18		113
August	18		23		28		9		75		152		112		25		110
September	20		41		39		28		71		120		118		34		59
Oktober	47		37		97		54		69		91		119		32		49
November	31		27		73		39		62		72		74		19		26
Winter	37		91		142		116		164		297		142		16		65
Frühling	167		134		150		81		121		273		318		118		101
Sommer	80		51		66		39		215		446		428		80		306
Herbst	98		105		209		121		202		283		311		85		134
Jahr	382		381		567		357		702		1299		1199		299		606

Tab. X.

Allgemein Regen.

Dezember	3	8	10	18	16	31	13	—	7
Januar	—	11	5	7	10	21	12	2	3
Februar	1	13	7	10	5	29	6	2	3
März	5	7	8	10	11	33	32	2	3
April	21	23	24	6	8	30	21	10	10
Mai	19	13	9	8	14	35	45	19	9
Juni	12	10	11	5	24	53	44	5	20
Juli	4	5	3	10	29	66	72	6	28
August	3	10	7	1	30	74	40	12	33
September	6	13	7	16	27	40	43	16	17
Oktober	8	13	32	17	21	27	46	12	11
November	9	11	16	11	13	21	23	2	6
Winter	4	32	22	35	31	81	31	4	13
Frühling	45	43	41	24	33	98	98	31	22
Sommer	19	25	21	16	82	193	156	23	81
Herbst	23	37	55	44	61	88	112	30	34
Jahr	91	137	139	119	208	460	397	88	150

Digitized by Google

Tab. XI.

	N u. NE st. u. allg.	E u. SE st. u. allg.	S u. SW st. u. allg.	W u. NW st. u. allg.	Zentral st. u. allg.	N u. NE	E u. SE	S u. SW	W u. NW	Zentral
						Allgemein Regen				
Dezember	49	109	189	52	35	11	28	47	13	7
Januar	41	67	137	59	14	11	12	31	14	3
Februar	39	82	135	47	16	14	17	34	8	3
März	54	83	157	105	17	12	18	44	34	3
April	152	89	119	110	30	44	30	38	31	10
Mai	95	59	118	221	54	32	17	49	64	9
Juni	63	38	180	172	83	22	16	77	49	20
Juli	27	30	254	199	113	9	13	95	78	28
August	41	37	227	137	110	13	8	104	52	33
September	61	67	191	152	59	19	23	67	59	17
Oktober	84	151	160	151	49	21	49	48	58	11
November	58	112	134	93	26	20	27	34	25	6
Winter	128	258	461	158	65	36	57	112	35	13
Frühling	301	231	394	436	101	88	65	131	129	22
Sommer	131	105	661	508	306	44	37	276	179	81
Herbst	203	330	485	396	134	60	99	149	142	34
Jahr	763	924	2001	1498	606	228	258	668	485	150

Regenwahrscheinlichkeit bei den einzelnen Wettertypen in Prozenten.

Tab. XII. **1876 bis 1890.**

	Regen überhaupt				Zentral	Allgemein Regen				Zentral
	N-NE	E-SE	S-SW	W-NW		N-NE	E-SE	S-SW	W-NW	
Dezember	35	56	80	58	33	8	14	20	15	6
Januar	28	34	61	38	14	8	6	14	9	3
Februar	24	55	66	43	21	9	11	16	7	4
März	41	61	82	50	20	9	14	23	16	4
April	60	83	90	52	43	16	22	29	15	14
Mai	77	71	79	86	52	26	20	33	25	9
Juni	63	88	84	68	50	22	37	36	19	12
Juli	96?	83	96	88	59	32	40	36	35	15
August	57	67	94	76	51	18	15	43	29	15
September	71	68	—	80	34	22	24	36	31	10
Oktober	62	72	—	86	50	16	23	31	33	11
November	46	49	86	56	27	16	12	22	15	6
Winter	29	48	69	43	23	8	10	17	10	4
Frühling	59	72	84	63	38	17	19	28	19	9
Sommer	72	79	91	77	53	24	31	38	28	14
Herbst	61	63	—	74	37	18	20	30	26	9
Jahr	55	66	84?	64	38	17	20	28	21	9

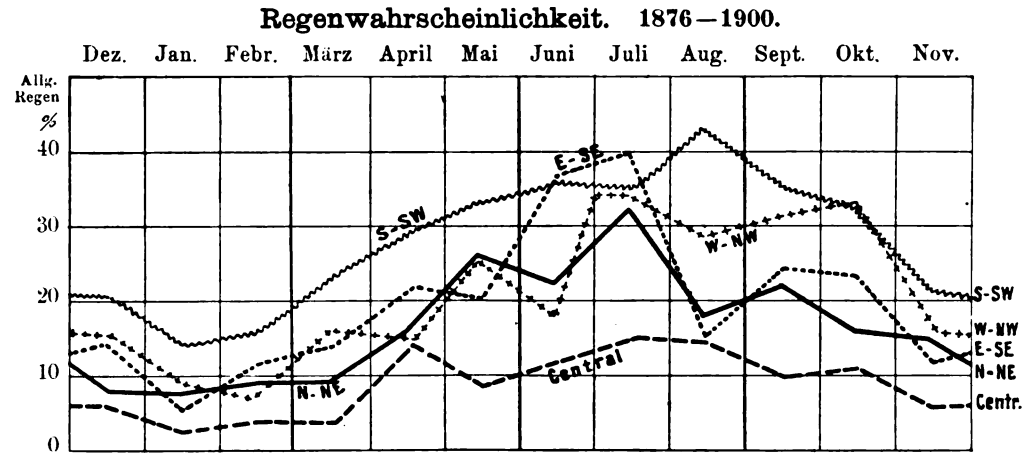
Fassen wir alle Wettertypen und die drei Gebietstheile zusammen, so erhalten wir folgende Mittelwerthe:

	Winter	Frühlg.	Sommer	Herbst	Jahr
Niederschlagshäufigkeit überhaupt	42	63	74	64	61
„ „ bei allgemein verbreiteten Niederschlägen	10	18	27	21	19
„ „ „ stellenweise „ „	32	45	47	43	47

Man sieht hieraus, dass die Niederschlagshäufigkeit in Bezug sowohl auf die mehr örtlichen, als auch auf die allgemein verbreiteten Niederschläge, im Winter am geringsten ist, nach dem Frühjahr und Sommer

Digitized by Google

Fig. 5.



zu einem Maximum ansteigt und nach dem Herbst und Winter hin allgemein wieder abnimmt: dasselbe Ergebniss, welches ich bereits früher erhielt (vergl. „Das Wetter in den barometrischen Maxima", S. 200.

Nehmen wir jetzt Rücksicht auf die einzelnen Wettertypen, so finden wir, dass der Typus V (S—SW) in allen Jahreszeiten am regnerischsten ist, namentlich in den Sommermonaten; dann folgen die Typen I (W—NW) und IV (E—SE), welche hauptsächlich im Sommer reichliche Regen bringen; auch Typus III (E—NE) bleibt im Sommer vor den oben genannten nur wenig zurück. Am wenigsten Regen bringt der zentrale Typus II; nur im Sommer kommt er zu einiger Geltung, was er hauptsächlich den in dieser Jahreszeit gerade nicht seltenen Wärmegewittern zu danken haben dürfte. In der kälteren Jahreszeit zeigen die Wettertypen nur wenig Verschiedenheit in der Niederschlagshäufigkeit.

4) Gewitterhäufigkeit.

Bei der Untersuchung der Gewitterhäufigkeit wurden folgende zwei Fälle unterschieden: 1) die Gewitter kamen auf beschränktem Gebiete oder in geringerer Anzahl vor (stellenweise Gewitter) oder 2) die Gewitter fanden auf dem ganzen Gebiete in grösserer Zahl statt (allgemeine Gewitter). Die Ergebnisse dieser Untersuchung sind in den folgenden Tabellen niedergelegt.

Gewitterhäufigkeit bei den einzelnen Wettertypen.

1876 bis 1900.

Tab. XIII. **a) Gewitter überhaupt.**

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Zentr.
Dezember .	—	—	1	3	—	6	1	—	—
Januar	—	—	—	—	2	2	—	—	—
Februar	—	1	—	—	—	3	—	—	—
März	—	4	5	6	6	5	5	—	—
April	20	15	19	6	5	15	8	6	3
Mai	49	23	40	12	19	27	34	33	21
Juni	42	19	18	11	37	68	55	35	57
Juli	13	11	15	14	59	96	78	18	95
August	20	20	28	9	41	78	51	16	72
September . .	6	15	20	12	25	40	21	5	22
Oktober	—	5	14	8	17	17	12	3	4
November .	—	—	2	5	7	9	2	—	—
Winter	—	1	1	3	2	11	1	—	—
Frühling . . .	69	42	64	24	30	47	47	39	24
Sommer	75	50	61	34	137	242	184	69	224
Herbst	6	20	36	25	49	66	35	8	26
Jahr	150	113	162	86	218	366	267	116	274

Digitized by Google

Tab. XIV. **b) Gewitter, allgemein (1876—1900).**

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Zentr.
Dezember ..	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Januar	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Februar	—	—	—	—	—	—	—	—	—
März	—	1	2	4	1	1	—	—	—
April.....	2	2	6	1	3	1	—	—	—
Mai	17	12	22	4	4	4	5	5	6
Juni	11	10	12	7	15	20	19	2	30
Juli.....	7	8	8	12	34	41	26	3	37
August....	10	10	12	3	17	29	18	6	32
September..	1	5	7	5	11	7	1	1	5
Oktober	—	1	1	2	5	—	—	1	2
November .	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Winter.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Frühling ...	19	15	30	9	8	6	5	5	6
Sommer	28	28	32	22	66	90	63	11	99
Herbst ...	1	6	8	7	16	7	1	2	7
Jahr	48	49	70	38	90	103	69	18	112

Tab. XV.

	Gewitter überhaupt					Gewitter allgemein				
	N u. NE	E u. SE	S u. SW	W u. NW	Zentral	N u. NE	E u. SE	S u. SW	W u. NW	Zentral
Dezember	—	4	6	1	—	—	—	—	—	—
Januar ..	—	—	4	—	—	—	—	—	—	—
Februar ..	1	—	3	—	—	—	—	—	—	—
März	4	11	11	5	—	1	6	2	—	—
April.....	35	25	20	14	3	4	7	4	—	—
Mai	72	52	46	67	21	29	26	8	10	6
Juni	61	29	105	90	57	21	19	35	21	30
Juli.....	24	29	155	96	95	15	20	75	29	37
August...	40	37	119	67	72	20	15	46	24	32
September	21	32	65	26	22	6	12	18	2	5
Oktober	5	22	34	15	4	1	3	5	1	2
November	—	7	16	2	—	—	—	—	—	—
Winter ...	1	4	13	1	—	—	—	—	—	—
Frühling .	111	88	77	86	24	34	39	14	10	6
Sommer .	125	95	379	253	224	56	54	156	74	99
Herbst .	26	61	115	43	26	7	15	23	3	7
Jahr	263	248	584	383	274	97	108	193	87	112

Im Jahresmittel ergaben sich unter 100 Tagen 21.2 Tage, an welchen in Deutschland überhaupt Gewitter vorkamen und zwar im Winter 0.7%, im Frühjahr 18.6%, im Sommer 51.6% und im Herbst 14.0%. Die Häufigkeitszahlen für die allgemein verbreiteten Gewitter waren: im Jahre 8.0%, im Winter 0, im Frühjahr 4.1%, im Sommer 25.0% und im Herbst 2.7%.

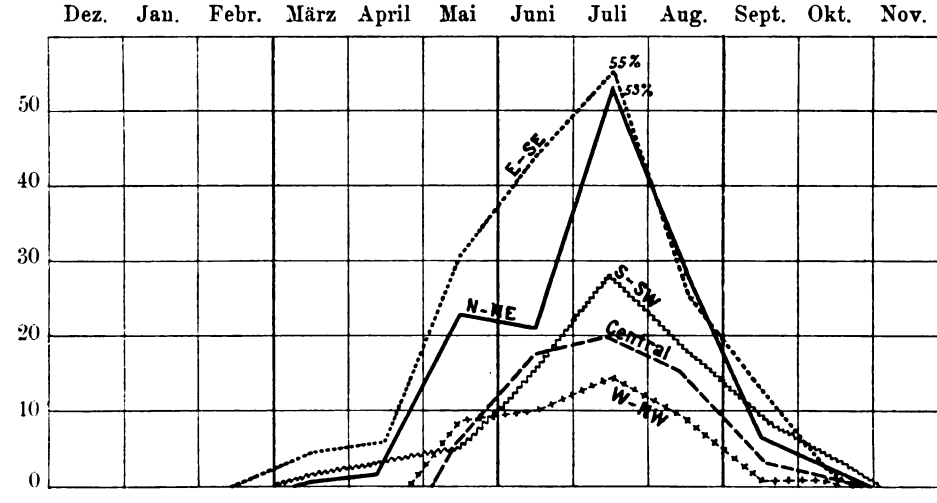
Im Winter kommen ausgebreitete Gewitter nicht vor, dagegen sind Gewitter auf beschränkterem Gebiete in dieser Jahreszeit gerade nicht selten und dann gehören sie hauptsächlich dem Typus V an. Im Frühjahre sind allgemeinere Gewitter schon häufiger, namentlich im Mai, und diese sind dann hauptsächlich dem Typus V eigen. Im Sommer erreichen die allgemein verbreiteten Gewitter ihr Maximum und hier hauptsächlich in Verbindung mit Typus IV, während auch die Typen III, II und V zu entschiedener Geltung kommen. Im Herbste zeigt ebenfalls Typus IV (neben Typus V) eine verhältnissmässig grosse Häufigkeit.

Digitized by Google

Tab. XVI. **Gewitterhäufigkeit in Prozenten (1876—1900).**

	Gewitter überhaupt				Zentral		Allgemein Gewitter				Zentral	
	N-NE	E-SE	S-SW	W-NW			N-NE	E-SE	S-SW	W-NW		
Dezember ..	—	2.0	2.6	1.1	—		—	—	—	—	—	
Januar	—	—	1.8	—	—		—	—	—	—	—	
Februar ...	0.6	—	1.4	—	—		—	—	—	—	—	
März	3	8	6	2.4	—		0.8	4.4	1	—	—	
April.....	13	23	15	7	4.3		1.5	6.5	3	—	—	
Mai	58	63	31	26	20		23	31	5.4	9	5	
Juni	61	67	49	35	34		21	44	16	10	18	
Juli	85	80	58	42	50		53	55	28	14	19	
August	56	67	49	37	34		28	27	19	9	15	
September.	24	33	35	14	12		7	12	10	0.8	3	
Oktober ...	37	10	22	9	4		0.8	1.4	3.2	0.4	2	
November ..	—	3	10	1.2	—		—	—	—	—	—	
Winter.....	0.2	0.7	1.9	0.4	—	0.7	—	—	-	—	—	—
Frühling ...	25	31	17	12	8	18.6	1.5	4.7	3.1	3	1.7	4.1
Sommer	68	71	52	38	29	51.6	34	42	21	11	17	25
Herbst	20	15	22	8	5	14.0	2.6	4.5	4.4	0.4	1.7	2.7
Jahr	28.3	29.4	23.2	14.6	10.5	21.2	9.5	12.8	7.1	3.8	5.1	8.0

Fig. 6.



Die Nebelhäufigkeit habe ich in Bezug auf die Wettertypen noch nicht untersucht, indessen möchte ich hier auf meine frühere Arbeit „Das Wetter in den barometrischen Maxima“ zurückgreifen, welche eine eingehende Untersuchung der Nebelhäufigkeit, anlehnend an die Lagen der Maxima zu Deutschland für den 10jährigen Zeitraum 1881 bis 1890, enthält.

In Tabelle XI jener Abhandlung wurde die Nebelhäufigkeit in den Maxima je nach ihrer Lage für Nordwest-, Ost- und Süddeutschland, sowie für das Jahr, die Jahreszeiten und die einzelnen Monate in Prozenten gegeben. Dabei wurden die schwachen (∞ und $\equiv^0$) und wenig verbreiteten und andererseits die stärkeren ($\equiv$, $\equiv^1$ und $\equiv^2$) und über das ganze Gebiet sich erstreckenden Nebel geschieden. Als Nebeltage wurden solche gerechnet, an welchen innerhalb 24 Stunden von 8^h a. m. bis zum folgenden Tage 8^h a. m. Nebel aufgezeichnet waren.

„Zunächst ersehen wir aus der Tabelle, dass im allgemeinen das nordwestliche Deutschland die grösste Nebelhäufigkeit aufweist, etwas weniger das südliche Deutschland und die geringste das östliche Deutschland. Dieses ist auch überhaupt der Fall ohne Rücksicht auf die Maxima.“

Digitized by Google

„Ziehen wir hier nur die Tage mit stärkeren und sehr verbreiteten Nebeln in Betracht, so ergeben sich im Jahresdurchschnitt ohne Rücksicht auf die Lage für ganz Deutschland 25% Nebelhäufigkeit und für das nordwestliche Deutschland 36%, für das östliche 14%, für das südliche 26%. Diese Zahlen liegen jedenfalls sehr über dem allgemeinen Mittelwerthe, ohne Rücksicht auf die Maxima überhaupt. Am grössten ist die Nebelhäufigkeit in den östlichen und südöstlichen Lagen (III, IV), am geringsten in den westlichen und nördlichen Lagen (VI, VII, VIII, I), während sie in den zentralen Lagen nahezu normal ist."

„Rücksichtlich der jährlichen Periode beträgt die Häufigkeit stärkerer Nebel für alle Lagen durchschnittlich: im Winter 40% (NW-Deutschland 52%, E-Deutschland 23%, S-Deutschland 46%), im Frühjahr 15% (NW-Deutschland 28%, E-Deutschland 8%, S-Deutschland 10%), im Sommer 9% (NW-Deutschland 16%, E-Deutschland 7%, S-Deutschland 4%) und im Herbste 36% (NW-Deutschland 54%, E-Deutschland 18%, S-Deutschland 37%). Man sieht also hieraus, dass die Nebelhäufigkeit in den Maxima im Winter im Durchschnitt am grössten ist, nach dem Frühjahr und Sommer hin stark abnimmt (das Minimum fällt in den Juni), dann aber fast ebenso rasch zum Herbste wieder zunimmt (Maximum im November)."

„Stärkere Nebel sind im Winter am häufigsten in den Lagen III und IV, im Herbste in den Lagen II und III, dagegen am seltensten in den Fällen, in welchem das Maximum im Nordwest liegt. Auch im Frühjahr und Sommer bevorzugen die starken Nebel die südöstlichen Lagen, aber auch die nördlichen kommen verhältnissmässig zu einiger Geltung."

„Betrachtet man andererseits nur die schwächeren Nebel, welche mehr lokaler Natur sind, so findet man eine mehr gleichmässigere Vertheilung über die Jahreszeiten: im Winter 28%, im Frühjahr 28%, im Sommer 30%, im Herbste 34% und im Jahre 29%." —

Zur Charakteristik der vorwaltenden Witterungserscheinungen bei den einzelnen Typen füge ich noch eine Schlusstabelle bei, welche diese Angaben in übersichtlicher Form enthält und welche für die praktische Verwerthung der Wetterkarten von Nutzen sein dürfte. —

In meiner vorhergehenden Abhandlung über diesen Gegenstand (siehe „Aus dem Archiv der Deutschen Seewarte", Jahrgang 1899, No. 5, S. 23) habe ich auf die Missstände der von den wissenschaftlichen Instituten gegenwärtig ausgeübten Wettervorhersage auf den folgenden bürgerlichen Tag hingewiesen. Ein Missstand, die ausserordentliche Verspätung der Wetterdepeschen und damit auch die grosse Verspätung der Mittheilung der Wettervorhersagen an das Publikum, ist der Hauptsache nach aus dem Wege geräumt, obgleich noch manches zu thun übrig bleibt, um allen Wünschen entsprechen zu können. Allein der Hauptpunkt, auf den es vor allem ankommt, diese Wettervorhersage in ihrer Treffsicherheit zu erhöhen, ist noch so gut wie garnicht weiter gefördert worden, so dass es, wie ich schon früher zu bemerken Gelegenheit hatte, den Anschein hat, als wenn wir an der Grenze unserer Leistungsfähigkeit stehen und dass der weitere Fortschritt davon abhängig sei, dass neue Bahnen eröffnet werden, auf denen unsere Forschungen dem lang ersehnten Ziele näher geführt werden können. Ob die vielfachen neueren Bestrebungen nach dieser Richtung hin auch von nennenswerthen praktischen Erfolgen begleitet sein werden, ist zweifelhaft und bleibt abzuwarten.

Meiner Ansicht nach kann ein anderer Missstand, wohl der schlimmste von allen, welcher von jeher der Nutzbarmachung der Wettervorhersagen so schädlich im Wege stand und welcher so sehr dazu beitrug, dieselben beim grossen Publikum zu diskreditiren, nach und nach in Wegfall gebracht werden. Es ist das die Urtheillosigkeit des Publikums in Bezug auf Wettervorhersagen. So lange die Wettervorhersagen gewissermaassen von oben herab dem Publikum gegeben werden, wird ein nennenswerther Erfolg wohl nicht möglich sein. Das Publikum darf die Wettervorhersagen nicht als Orakelsprüche, als Prophezeihungen ansehen; wenn es nicht im Stande ist, die unvermeidbaren Misserfolge, die ja bekanntlich nicht gerade selten sind, mit gerechtem Maassstabe zu messen, oder die Wettervorhersagen nach den jeweiligen Aenderungen des Wetters am Orte selbst im Zusammenhange mit den grösseren allgemeinen atmosphärischen Vorgängen zu modifiziren, dann mag es häufig zu der Ansicht kommen, dass unsere Wettervorhersagen nur einen geringen Werth haben und für die Praxis gar keinen oder doch sehr geringen Nutzen bringen. Hiermit im Zusammenhange steht die bedauerliche, aber nicht wegzuleugnende Thatsache, dass Wettervorhersagen, welche sich auf den vermeintlichen Einfluss des Mondes gründen und deren Haltlosigkeit von den verschiedensten Seiten

Digitized by Google

sowohl theoretisch als empirisch nachgewiesen wurde, noch eine so ausserordentlich grosse Verbrei
Beachtung finden konnten.

Hier kann nur Aufklärung des Publikums Abhilfe schaffen und diese ist nicht allein möglich,
auch viel leichter, als man annehmen dürfte, zumal das Interesse an Wind und Wetter ein allgem
Die Grundzüge der praktischen Witterungskunde und damit die Grundsätze, welche der Aufstel
Wettervorhersagen zu Grunde liegen, sind so einfach und gemeinverständlich, dass sie auch von
Gebildeten leicht verstanden und ebenso leicht auf die jeweiligen Witterungszustände und deren
angewendet werden können, so dass sich jeder unschwer ein begründetes Urtheil über das besteh
zu erwartende Wetter bilden kann.

Um ein solches Verständniss beim grossen Publikum zu erzielen, ist es zunächst unerlässlich,
fache, aber brauchbare Wetterkarten täglich allseitig verbreitet werden und zwar unentgeltlich o
zu einem minimalen Preise. Die Neuregulirung des wettertelegraphischen Verkehrs setzt uns scho
Stand, solche Karten im Laufe des Vormittags, worauf sie sich beziehen, herauszugeben. Schon be
Uebung genügt ein flüchtiger Blick auf die Wetterkarte, zu erkennen, in welcher Wetterlage wir uns

Das waren die Gesichtspunkte, welche mich beim Studium der Wettertypen leiteten. Hau
war es mir darum zu thun, äusserst einfache Wettertypen aufzustellen, welche von jedem leicht v
und dem Gedächtnisse eingeprägt werden können.

Neben dem Kartenmaterial sind örtliche Beobachtungen sowohl mit, als auch ohne Instrun
grosser Wichtigkeit; sie geben uns willkommene Anhaltspunkte zur Beurtheilung, nach welcher Ric
sich die gegebene Wetterlage ändert, und namentlich können so die Uebergänge von dem einen W
in den anderen mehr oder weniger leicht vorhergesehen werden.

Zum Schlusse wiederhole ich nochmals meine Behauptung in meiner früheren Abhandlung:

Solange ein allgemeineres Verständniss nicht erreicht sein wird, werden wir
gebens bemühen, auf diesem Gebiete etwas Befriedigendes zu leisten.

Digitized by Google

r-Häufigkeit	Nebel-Häufigkeit	Winde	Allgemeine Bemerkungen
ls bei den übri- ypen. Zuweilen itter, nament- s nordwestliche .	Nicht sehr erheblich.	Winde aus nördlich. Richtungen, namentl. Nordwestwinde; diese sind in allen Jahreszeiten böig, feucht u., insbesondere in der wärmeren Jahreszeit, kalt.	Dieser Typus ist für unsere Gegenden von der grössten Bedeutung, insbesondere in der wärmeren Jahresz., in der er am häufigsten vorkommt. Ihm ist in Verbindg. mit Typ. V zu danken, dass unsere Sommer oft so nasskühl sind. Sehr häufig bewirkt er rasche u. starke Temperaturwechsel. Häufig entwickelt sich im Winter eine ausgebreitete u. zusammenhängende Schneedecke, durch die nicht selten strenge Winterkälte eingeleitet wird. Auch Ueberschwemmungen im nordwestl. Deutschl. sind nicht selten im Gefolge dieses Typus.
sind ausseror- nur im eigent- erkommen diese eltung (Wärme-	Nebel sind im Winter, sowie im Herbste sehr häufig, dagegegen viel seltener im Sommer; im Jahresmittel zeigen sich keine erhebliche Abweichungen gegen das allgemeine Mittel der Nebelhäufigkeit.	Schwache Luftbewegung aus veränderlicher Richtung neben vielfach. Windstillen. Die Windrichtung wird durch die jeweilige Lage des barometrischen Maximums bestimmt. Landwinde sind entschieden vorherrschend.	Im Sommer, bis in den September (Altweiber-Sommer) hinein, begleiten diesen Typus gewöhnlich sonnige und warme Tage, verbunden mit Trockenheit, welche zuweilen zu Dürreperioden sich steigert. Im Winter und Herbst ist bei seiner Herrschaft Nebelbildung die Regel. Im Spätfrühl. u. Frühherbst kommt es in klaren Nächten nicht selten zu Nachtfrösten bezw. Reifbildungen, namentlich, wenn Typus I vorhergeht.
terhäufigkeit lai u. Juni nach k zu, dann nach ber hin ebenso ab; vorher und l Gewitter bei s ausserordent-	Im Winter u. Herbst am bedeutendsten; die Frühjahr- u. Sommer-Nebel treten zwar zurück, aber nicht sehr erheblich.	Oestl. u. nordöstl. Winde, Landwinde, deren Ursprung zu beachten ist, ob dieser eine mehr nördl. oder südl. Lage hat. Durchschnittlich sind diese Winde im Winter sehr kalt, im Sommer warm.	Wie Typus II ist dieser Typus nicht selten der Begleiter strenger Winterkälte u. gross. Sommerhitze. Schneeverwehungen im Winter, u. im Sommer Ueberschwemmungen für das östliche Deutschland treten zuweilen auf, letztere dann, wenn eine Depression von der Adria sich nach dem Baltischen Meere in Bewegung setzt.
er sehr bedeu- er als bei allen ttertypen. Die e steigt rasch uli (Max.) und hr rasch nach ber hin. Hierin II und IV sehr	Im Herbst u. Winter erheblich, in den übrigen Jahreszeiten entschieden zurücktretend.	Meist südliche u. südöstliche Winde, meist schwache Landwinde, welche in südlicher gelegenen Gegenden ihren Ursprung haben.	In allen Jahreszeiten, insbesondere aber im Winter, sind die im Süden und Südosten unseres Erdtheils obwaltenden Wärmeverhältnisse zu berücksichtigen. Hervorzuheben sind die grosse Gewitterhäufigkeit und die damit rasch steigende Regenwahrscheinlichkeit im eigentl. Sommer.
äufigkeit nicht ich. Gewitter- dem Juli-Maxi- nsteigend, dann rbst hin ebenso nd.	Nicht sehr erheblich.	Lebhafte südwestliche und westl. Winde (letztere böig), die sich nicht selten zum Sturme steigern. Gefährlich für unsere Küste (zunächst für die westdeutsche) ist die Wetterlage vielf. dann, wenn der Luftdruck über Frankreich am höchsten ist.	Bewirkt im Sommer im Verein mit Typus I nicht selten länger anhaltendes nasskühles Wetter, andererseits im Winter feucht-warme Witterung.

Digitized by Google

Digitized by Google

AUS DEM
ARCHIV DER DEUTSCHEN SEEWARTE.
XXIV. Jahrgang 1901.
Herausgegeben von der Direktion der Seewarte.

No. 3.

Zur Klimatologie von Deutsch-Ostafrika.

Von

Dr. **Hans Maurer.**

HAMBURG, 1901.

Gedruckt bei Hammerich & Lesser in Altona.

Digitized by Google

Inhalt.

	Seite
Einleitung	1
Klassifikation nach Klimaten (System Köppen)	2
Darstellung der einzelnen klimatologischen Elemente	7
I. Die Temperatur	7
A. Die Lufttemperatur	7
B. Die Sonnenstrahlungs-Temperatur	14
C. Die Bodentemperatur	15
II. Wind und Regen	22
Allgemeine Beschreibung nach Jahreszeiten	16
Die Küste	17
Usambara	19
Kilimandjaro	19
Zentrale Theile der Kolonie	19
Das Seeengebiet	22
Zusammenstellung der Windhäufigkeiten	22
Stürme	22
Anemographen-Resultate	24
III. Der Luftdruck	35
IV. Sonnenscheindauer, Bewölkung, Feuchtigkeit und Gewitter	27
A. Sonnenscheindauer und Bewölkung	27
B. Feuchtigkeit und Gewitter	29
Anhang	31
I. Zum Erdmagnetismus des Gebietes	31
II. Bemerkenswerthe Meteore	33

Digitized by Google

No. 3.

Zur Klimatologie von Deutsch-Ostafrika.

Von Dr. **H. Maurer.**

Einleitung.

Die Kenntniss der klimatologischen Verhältnisse unserer grössten afrikanischen Kolonie, Deutsch-Ost-

Druckfehler und Berichtigungen.

Seite 1, Zeile 7 von unten ist anzufügen: Ulangastation (165).
- 1, » 2 » » lies „6)“ statt „und“.
- 1, » 2 » » ist vor „Peramiho“ einzufügen „7) in Ungoni“.
- 1, » 1 » » fällt weg.
- 2 oben lies „8), 9), 10), 11)“ statt „6), 7), 8), 9)“.
- 4, Lukuledi, Meereshöhe, lies „400“ statt „1100“.
- 4, Muansa, Spalte 8, lies „7“ statt „12“.
- 8, Zeile 7 von oben, „Lukuledi“ fällt weg.
- 9, Lukuledi, lies „400“ statt „1100“ und „25.7“ statt „29.2“.
- 14, Zeile 1 von unten ist anzufügen: Dagegen hat H. Meyer am Kilimandjaro in 4357 Meter Seehöhe eine maximale Sonnenstrahlungs-Temperatur von 73° bei 6° Lufttemperatur abgelesen.

3) Am Kilimandjaro: Mamba (235), Marangu (237), Moshi (250).
4) Am ersten Graben: Kilossa (210).
5) Auf der zweiten Terrasse: Mpapua (265), und in Uhehe: Tosamaganga (400), Peramiho (280), Ulangastation (165).

Digitized by Google

Inhalt.

Seite

Einleitung 1

Klassifikation nach Klimaten (System Köppen) 2

Digitized by Google

No. 3.

Zur Klimatologie von Deutsch-Ostafrika.

Von Dr. **H. Maurer.**

Einleitung.

Die Kenntniss der klimatologischen Verhältnisse unserer grössten afrikanischen Kolonie, Deutsch-Ostafrikas, beruhte noch vor nicht langer Zeit grösstentheils auf den klimatologischen Notizen, wie wir sie in den Reisebeschreibungen der Afrikaforscher finden. Die Schwierigkeit, die darin liegt, auf solchen Expeditionen einen grossen meteorologischen Apparat mitzunehmen und voll auszunutzen, wie die Unmöglichkeit, auf einer solchen Reise länger am selben Ort bleiben zu können, bewirken es, dass dies Notizenmaterial nur Einzelheiten der Vorstellung, die man sich von dem Klima der Gegenden macht, bestätigen oder als irrig erweisen, nicht aber ein geschlossenes Bild der klimatologischen Verhältnisse liefern kann. Der Umstand, dass die einzelnen Jahre in ihrem klimatischen Charakter gerade in dieser Gegend sehr grosse Differenzen zeigen, erhöht noch die Schwierigkeit, sich ein Urtheil über das Klima als „den mittleren Zustand und gewöhnlichen Verlauf der Witterung“ (Köppen, Klimalehre) zu bilden. Erst seit 1890 etwa sind regelmässige meteorologische Aufzeichnungen in dem Gebiet gemacht worden, begreiflicher Weise hauptsächlich in dem den Europäern zugänglicheren Küstengebiet und nur an wenigen Punkten im Innern. Die Leitung dieses Beobachtungssystemes lag Anfangs in den Händen der Medizinalabtheilung der Kaiserl. Schutztruppe. (Neben ihr wirkte am Kilimandjaro von April 1893 bis Anfang 1895 die wissenschaftliche Kilimandjaro-Station, und einzelne Missionsstationen lieferten Beobachtungen an die Gesellsch. f. Erdkunde in Berlin.) Vom Herbst 1895 bis Frühjahr 1899 leitete Verfasser die Beobachtungen von der meteorologischen Hauptstation in Daressalam aus, die nach ihm Herr Dr. C. Uhlig im Herbst 1900 übernahm. Die Ausbreitung dieses Netzes und Fortsetzung der Beobachtungen wird erst darüber entscheiden können, wie viele Jahrgänge von Stations-Beobachtungen ein zutreffendes Bild des Klimas der Kolonie werden liefern können.

Nach seiner Lage zwischen 1° und 12° südlicher Breite gehört das ganze Gebiet der heissen Zone an, weist aber infolge seiner weiten Erstreckung ins Innere des ungegliedertsten Kontinentes (der Tanganyikasee ist rund 1000 Kilometer von der Küste entfernt) und ganz besonders infolge der grossen Höhenabstufungen des Landes grosse klimatische Differenzen auf, enthält es doch im Kibo mit 6010 Meter Höhe die höchste Erhebung des Erdtheiles. Sieht man zunächst von den Gebirgen ab, so kann das ebene Land nach seiner Höhe in drei Terrassen geschieden werden, deren Höhen sich rund zwischen den Grenzen 0—500 m, 500 bis 1000 m, über 1000 m bewegen.

Die Beobachtungsstationen lassen sich so nach ihrer Lage in folgender Art vertheilen:

1) An der Küste und auf der unteren Terrasse (die eingeklammerten Zahlen bedeuten die ungefähre Entfernung von der Küste in km): Tanga (0), Bagamoyo (0), Daressalam (0), Mafia (Insel) (0), Kilwa (0), Lindi (0), Mikindani (0), Lewa (27), Kitopeni (3), Kisserawe (25), Mohoro (20), Lukuledi (122).
2) Im Usambaragebirge: Buloa (50), Kwamkoro (50), Sakarre (82), Mtai (Neu-Bethel) (100), Kwai (95), Mazinde (100), Ambangulu (85).
3) Am Kilimandjaro: Mamba (235), Marangu (237), Moshi (250).
4) Am ersten Graben: Kilossa (210).
5) Auf der zweiten Terrasse: Mpapua (265), und in Uhehe: Tosamaganga (400), Peramiho (280), Ulangastation (165).

Digitized by Google

6) Auf der dritten Terrasse: Tabora (660), Muansa (740), Bukoba (870).
7) Am Tanganyika: Ujiji (970).
8) Am Nyassa: Ikombe (575) (hier liegen auch von mehreren englischen Stationen in Britisch-Nyassaland Messungen vor).
9) Im Kondeland: Manow (625), Rutenganio (640), Wangemannshöhe (610).

Das Material von diesen Stationen ist sehr ungleichartig. Während von einigen jahrelange Registrirbeobachtungen vorliegen, sind von anderen nur einige Monate Regenbeobachtungen vorhanden. Genaueres hierüber findet man in den „Deutschen meteorologischen überseeischen Beobachtungen", Heft X und XI.

Klassifikation nach Klimaten (System Köppen).

Legt man für die klimatische Eintheilung die Normen zu Grunde, die von Herrn Köppen in der Geographischen Zeitschrift, Bd. 6, 1900, gegeben worden sind, so bedarf man der Kenntniss der Mitteltemperaturen und der mittleren Regenmengen der einzelnen Monate. Gerade die Regenmengen, sowie die Regenvertheilung im Jahr, weisen aber in den einzelnen Jahren in unserer Kolonie ziemlich beträchtliche Unterschiede an derselben Station auf. Und es wird bei späterer genauerer Kenntniss der Variabilität dieses wichtigsten Klimafaktors vielleicht nothwendig werden, sie selbst als ein kennzeichnendes Klimaelement mit zu berücksichtigen. In wie weit in der Auswahl der Gewächse, die die Flora der betreffenden Gebiete zusammensetzen, diese Variabilität der Regenverhältnisse zum Ausdruck kommt, müsste pflanzengeographisch festgestellt werden. Wie tief diese Variabilität in das Leben der Menschen eingreift, das ist uns durch die nach Zeit und Intensität sehr unregelmässig eintretenden Dürre- und Hungerperioden deutlich genug geworden. Auch die grossen Unterschiede, welche sich in den Urtheilen der einzelnen Afrikaforscher über viele Gegenden der Kolonie finden, obwohl jene in derselben Jahreszeit sie durchwanderten, mögen zum Theil auf die Differenzen der einzelnen Jahre zurückzuführen sein. Ein schreiendes Beispiel für die Abweichungen der einzelnen Jahre bezüglich der Regenmengen mögen die folgenden Zahlen der beiden Küstenstationen Tanga ($\varphi = 5°4'.5$ S., $\lambda = 39°6'.3$) und Daressalam ($\varphi = 6°49'.3$ S., $\lambda = 39°18'.2$) geben:

	Tanga	Daressalam
Regenmenge Sept. 96 bis Aug. 97.....	2597 mm	1368 mm
» Sept. 97 » Aug. 98.....	577 »	364 »
» Sept. 98 » Aug. 99.....	1363 »	1231 »

Die folgende Tabelle giebt von 32 Stationen die Elemente, welche nach dem Köppen'schen Schema zur Bestimmung des Klimas nothwendig sind.

Tab. I. **Klimatabelle der Stationen.**

Station	Geographische S-Breite	Geographische O-Länge	Meereshöhe in m	Zeit der Beobachtungen	Mittel-Temperaturen der extremen Monate	Jahres-Regenmenge in mm	Monate mit weniger als 30 mm Regen	Klimatypus nach dem jährlichen Temperaturgange	Klima Köp Einth
Tanga ..... (an der Küste)	5° 4'.5	39° 6'.3	25	**10**.94—**8**.99	**1**. 27.3, **7**. 23.1 **2**. **27.8** **3**. 27.7 **12**. 27.6	1894/95 1153 95/96 1319 96/97 2597 97/98 577 98/99 1363 Mittel 1402	93: **6**, **7**, **9** 94: **1**, **2** 95: **1**, **2**, **6**, **7** 96: **2**, **7** 97: **12** 98: **2**, **8**, **12** 99: **1**, **2**	Europäisch mit Neigung zum Kapverden-Typus	Baob Klim
Bagamoyo ... (an der Küste)	6° 25'	38° 53'	15	**1**.92—**1**.95	**12**. 27.6, **7**. **22.7** **1**. 26.9, **8**. 22.9 **2**. **28.2** **3**. 26.8	1892 828 93 968 94 883 Mittel 893	92: **6**, **8**—**10**, **12** 93: **2**, **6**, **7** 94: **2**, **6**—**10**, **12**	Europäisch	Baob

*) In sehr feuchten Jahren, wie 1896/97, sind alle Bedingungen für das Lianenklima erfüllt; nur ist die Regenmenge in den heissesten Monaten zu gering: Januar 34, Februar 57, März 34 mm.

Anmerkung: Die Monatsbezeichnungen sind durch fettere Zahlen hervorgehoben.

Digitized by Google

Klimatabelle der Stationen. (Fortsetzung.)

Station	Geographische S-Breite	Geographische O-Länge	Meereshöhe in m	Zeit der Beobachtungen	Mittel-Temperaturen der extremen Monate	Jahres-Regenmenge in mm	Monate mit weniger als 30 mm Regen	Klimatypus nach dem jährlichen Temperaturgange	Klima nach Köppens Eintheilung
itopeni .... (3 km von Bagamoyo)	6° 26′.5	38° 52′.9	ca. 8	Temperatur: **10.** 96 — **3.** 97 **8.** 97—**10.** 97 **11.** 98— **2.** 99 Regen: **1.** 92—**2.** 99	**12. 27.7, 8.** 22.5 **1.** 27.4 **2.** 27.2	1892 831 93 1048 94 1050 95 1232 96 1228 97 1120 98 ca. 500 Mittel 1000	92: **2, 6, 8—12** 93: **2, 7, 12** 94: **2, 6—10** 95: **6** 96: **2, 7, 9** 97: **11, 12** 98: (2? fehlt) **5—8,** 99: **2** [**10—12**	Europäisch	Baobab
wa..... (Bondei)	5° 19′	38° 46′	ca. 245	—	—	**6.** 95—**5.** 96 1294 **6.** 96—**5.** 97 2252	93: **8—12 nicht** 94: **1,** (**7** fehlt) **8—10** 95: (**1, 2** do.), **6, 12** 96: **2** 97: **1, 2**	—	Baobab
ressalam .. n der Küste)	6° 49′.3	39° 18′.2	13	**10.** 95—**12.** 98 (99)	**12.** 27.6 (27.5) **7.** 23.1 **1. 28.3 (27.9)** **2.** 27.9 (27.85) **3.** 27.1 (27.0)	1895/96 981 96/97 1368 97/98 364 98/99 1231 Mittel 938	95: **10** 96: **2, 6, 7, 9** 97: **9, 11, 12** 98: **1, 2, 6—8, 10** 99: **2, 6, 8, 10**	Europäisch	Baobab
sserawe ... (in den ugubergen)	6° 54′.4	39° 5′.8	ca. 330	Regen: **3.**—**12.** 98 Temperatur: **6.**—**11.** 98	**7.** u. **8.** 23.3	—	98: **5—8, 10**	vermuthl. Europäisch	Baobab
ikitini .... d. Insel Mafia)	7° 43′	39° 52′	5	**6., 7.** 97 und **1.** 98—**4.** 99	**1.** 27.3, **8.** 24.2 **2** 27.5	**6.** u. **7.** 97 359 **3.** 98–**2.** 99 606 **5.** 98–**4.** 99 1032	98: **2, 5–8, 10, 11** 99: **2**	Europäisch	Baobab
horo ..... Rufiyidelta)	8° 8′.4	39° 10′	14	**8.** 96—**5.** 99 fehlen **6.** 97, **7.** 98	**12.** 27.0, **7.** 22.5 **2.** 26.9	1896/97 1414 1897/98 639	97: **6—8** 98: **5—10**	Europäisch	Baobab
wa..... der Küste)	8° 44′.7	39° 25′.1	ca. 18	**11.** 91—**12.** 93 **10.** 95— **7.** 96	**11.** 95 27.6, **8.** 24.0 **2.** 96 27.5 **12.** 27.4	1891/92 1198 92/93 894	91: **11** 92: **4, 8—10** 93: **6, 7, 9—11** 95: **10, 11** 96: **5—7**	Europäisch	Baobab
di..... der Küste)	10° 0′	39° 43°7	ca. 8 82	unten: **2.** 91— **2.** 93 **7.** 93—**12.** 93 **12.** 94— **2.** 96 oben: **1.** 97—**11.** 99 Regen: **12.** 98—**11.** 99	unten: **11.** 27.1, **8.** 23.4 oben: **12.** 27.4, **7.** 23.4 total: **12.** 27.1, **8.** 23.5	**3.** 92–**2.** 93 975 1895 859 96 ca. 1260 97 740 98 823 99 851 Mittel 918	91: **7–9** 92: **5—11** 93: **2?, 3, 9—12** 95: **6–11** 96: **6—10** 97: **5—10** 98: **6—8, 10** 99: **6—10**	Indisch	Baobab
oa..... stusambara)	5° 3′	38° 39′	920	**4.** 97—**11.** 99	**2.** 23.1, **8.** 18.2	**4.** 97–**3.** 98 1987 **7.** 97–**6.** 98 1602 **7.** 98–**6.** 99 1623	97: **12** 98: keiner 99: **9**	Europäisch	Lianen
amkoro ... stusambara)	5° 9′	38° 37′	980	Temp.: **6.**—**9.** 97 Regen: **10.** 96–**9.** 97	**7.** 17.1	**10.** 96–**9.** 97 3651	97: **1**	Europ.?	Camellienod. Fuchsienkl.
arre ..... stusambara)	5° 0′	38° 22′	1240	**1.** 97—**11.** 98	**2.** 20.9, **8.** 14.9	1897 2010 98 770	97: **11, 12** 98: (**1, 2**?), **6, 8, 10**	Europäisch	Fuchsien- oder Hochsavannenkl.
ai..... stusambara)	4° 45′	38° 18′	1608	**11.** 96—**11.** 99	**2.** 18.8, **7.** 13.4	**11.** 96-**10.** 97 1124 1897 850 98 492 99 587	97: **8—10, 12** 98: **1, 8—10** 99: **2, 6, 8—10**	Europäisch	Hochsavannenkl.

Digitized by Google

Klimatabelle der Stationen. (Fortsetzung.)

Station	Geographische S-Breite	Geographische O-Länge	Meereshöhe in m	Zeit der Beobachtungen	Mittel-Temperaturen der extremen Monate	Jahres-Regenmenge in mm	Monate mit weniger als 30 mm Regen	Klimatypus nach dem jährlichen Temperaturgange	Klima Köpp Einthe
Ambangulu (Westusambara)	ca. 5°1	38°4	ca. 1250	**4**. 99—**3**. 00	**2**. 20.9, **7**. 14.4	**7**. 99—**3**. 00 1046	keiner	Europäisch	Fuchsi
Moshi (Kilimandjaro)	3° 18′.6	37° 27′	1170	**7**. 94—**9**. 95 **11**. 97—**10**. 99	**1**. 24.1, **6**. 18.0	1894/95 1165 97/98 716 98/99 1059	95: **1, 6-8**, 97: **12** 98: **1, 6—10** 99: **1, 6, 8—10**	Europäisch	Bao
Mamba (Kilimandjaro)	3° 17′	37° 34′	1550	**10**. 97—**11**. 99	**2**. 20.5, **7**. 14.7	1897/98 1152 98/99 1583	97: **12** 98: **1, 6—8, 10** 99: **2, 9**	Europäisch	Fuchsi Hoc savan
Urwald bei Kibosho	ca. 3°15′	ca. 37° 22′	ca. 1630	**4**. 99—**3**. 00	**2**. 21.1, **7**. 12.3	—	—	Europäisch	Fuchsi
Kilossa (Ussagara)	6° 49′.7	36° 59′	502	**6**. 94— **1**. 95 **1**. 97—**10**. 99	**10**. 94 26.3 **6**. 94 20.2 **12**. 27.4, **6**. 20.0	1897 620 98 528 99 568 Mittel 572	97: **5—9, 11, 12** 98: **4, 6—11** 99: **6, 9—11**	Indisch	Baol
Mpapua (Ussagara)	6° 21′	36° 23′	1030	**9**. 98—**2**. 99 **5**.—**8**. 99	**11**. 24.3, **7**. 16.1	—	99: **5—7**	Indisch	Camel
Tosamaganga (Uhehe)	7° 46′	35° 33′	ca. 1700	**5**. 97—**9**. 99	**11**. 20.2, **6**. 14.3	**5**. 97—**4**. 98 511 1898 469 **10**. 98—**9**. 99 519	97: **5—10** 98: **5—10** 99: **4— 9**	Indisch	Hoc savan
Mazinde (West-Usambara)	4° 48′.5	38° 9′.5	570	**7**.-**9**. 94, **1**.-**9**. 95	**2**. 25.7, **7**. 20.1	**1**.—**9**. 95 863	95: **6—8**	Europäisch	Baol
Ulangastation (Mahenge)	8° 14′	36° 24′	280	**12**. 94— **8**. 95	**11**. ? **2**. 26.5, **7**. 21.9	**12**. 94—**8**. 95 1311	Eine Regenzeit u. eine Trockenzeit	Indisch	Baol
Tabora (Unyamwezi)	5° 1′	32° 53′	1230	**1**. 94—**8**. 95 **1**. 99—**7**. 99	**10**. 24.9, **6**. 21.2	1894 833 94/95 739	94: **5, 7—10** 95: **5—8** etc. ? 99: **4—7** etc. ?	Indisch bis Aequatorial	Baol
Lukuledi (Makonde)	10° 33′.8	38° 42′	ca. 1100	**7**. 97—**6**. 98	**11**. 26.9, **6**. 19.9	—	—	Indisch	Baol
Peramiho u. Ngomba (Ungoni)	ca. 10°30′	ca. 35°30	1300	**1**. 99—**2**. 00	**11**. ca. 24.0, **7**. 15.4	**3**. 99—**2** 00 923	99: **5—11**	Indisch	Camel
Bukoba (Viktoriasee)	1° 20′.5	32° 4′	1190	Temp. **2**.—**4**. u. **8**.—**12**. 93 **4**. 97—**3**. 98	**5**. 21.4, **7**. 19.3	Jahr 1895 >2600 **4**. 97—**3**. 98 1848 **6**. 94—**5**. 95 2511	95: **6** u. **7** **4**. 97—**3**. 98: kein Monat	Aequatorial	Liane
Muansa (Viktoriasee)	2° 32′.1	32° 51′.3	ca. 1200	**4**. 94—**8**. 95	**9**. 22.5 **12**. 21.1	Mitteljahr 1275	**12**	Aequatorial	Baol
Ujiji (Tanganyikasee)	4° 55′.1	30° 4′	850	Regen: **11**. 96-**12**. 97 Temp.: **5**.—**8**. 97	**10**. 24.0 **11**. 21.6	1897 685	97: **5—10**	Aequatorial	Baob
Rutenganio (Kondeland)	9° 18′	33° 38′	1280	**11**. 98—**8**. 99 **1**.—**3**. 00	**11**. 22.8, **6**. ca. 16.0	**11**. 98—**10**. 99 2328	**8**, vielleicht auch **9, 10**	Indisch	Camel
Wangemannshöh (Kondeland)	9° 19′	34° 1′	ca. 880	**11**. 91—**7**. 93 1895	**11**. 25.9, **7**. 18.8	1892 1244 **8**. 92—**7**. 93 1183 1895 933 Mittel 1120	91: **11** 92: **5—11** 93: **6, 7**—? 95: **6—10**	Indisch	Baob
Manow (Kondeland)	9° 16′	33° 53′	ca. 1580	**12**. 92—**6**. 96	**12**. 93 20.6 **10**. 94 20.1 **7**. 94 13.6 **12**. 95 19.9	1893 1700 1895 2057	92: **10** 93: **8—11** 94: ? 95: **6**	Indisch	Fuchs
Ikombe (am Nyassasee)	9° 33′	34° 9′	ca. 500	95: **3, 4, 6, 7** **2**. 96—**12**. 97 **4**. 98—**9**. 98	**11**. 26.2, **6**. 20.5	**2**. 96—**1**. 97 1637 1897 1587	96: **8—10** 97: **8—9** 98: **9**—?	Indisch	Baob

Digitized by Google

Hieraus erkennt man, dass nach dem jährlichen Gang der Temperatur im grössten Theile des Gebietes der indische Klimatypus vorherrscht, in dem der kälteste Monat nach der Wintersonnenwende, der heisseste aber schon vor der Sommersonnenwende eintritt. Im Westen des Schutzgebietes gehört ein Streifen dem äquatorialen Typus mit sehr kleiner jährlicher Wärmeschwankung an, wie es die Stationen Bukoba und Muansa erkennen lassen. Ujiji und Tabora dürften den Uebergang vom äquatorialen zum indischen Klimatypus darstellen. Im Osten tritt in der Mitte der Küste der europäische Klimatypus auf, bei dem die beiden Temperaturextreme 1—2 Monate nach der Sonnenwende eintreten. An der Küste reicht der Streifen etwa von Bagamoyo bis Kilwa. Im Süden schliesst an ihn der indische Typus mit verfrühtem Temperaturmaximum an (vergl. Lindi), während sich im Norden das Temperaturmaximum schon mitunter bis in den März verspätet (Tanga), dem Kapverdentypus entsprechend. Auch in das Innere dringt der Streifen des europäischen Typus in nordwestlicher Richtung ein, wie es die Stationen in Usambara und am Kilimandjaro zeigen. Der fingerförmige Zweig des europäischen Typus, der auf der Köppen'schen Darstellung an der Küste zwischen den indischen und den Kapverdentypus eingreift, kann also beträchtlich landein (vielleicht bis zu dem Bande des äquatorialen Typus) verlängert werden. Kilossa, wo der Dezember der heisseste Monat ist (1894 war es schon der Oktober), liegt in der Uebergangszone vom europäischen zum indischen Typus, wenn nicht ganz im indischen, da die mit dem Assmann'schen Thermometer gemachten Beobachtungen von 1894 bei dem offenbar nicht hinreichenden Strahlungsschutz der Wetterhütte den späteren Beobachtungen weit vorzuziehen sind.

Mit diesem Uebergang aus dem indischen durch den europäischen in den Kapverdentypus, wie er an der Küste von Süden nach Norden fortschreitend sich ausprägt, geht die Vertheilung der Regenzeiten Hand in Hand. Im Norden (Tanga) erkennt man zwei von einander getrennte Regenzeiten, die kleine im November, die grosse von März bis Mai während. Zwischen diesen liegt eine sehr regenarme Zeit von Dezember bis Februar (Sommer) und eine nicht ganz so regenarme von Juni bis Oktober (Winter). In der Mitte der Küste dagegen (Daressalam) ist die Trockenperiode des Sommers weniger scharf ausgeprägt, während die des Winters stärker hervortritt, so dass beide etwa gleich viel Regen bringen; immerhin bleiben noch alle diese 8 Monate, Dezember bis Februar und Juni bis Oktober, niederschlagsärmer als die anderen 4 Monate, wenn auch Mai und November erheblich niederschlagsärmer als im äussersten Norden der Küste geworden sind. Im Süden dagegen (Lindi) können Mai und November schon nicht mehr als besonders feuchte Monate bezeichnet werden. Dafür ist aber dort die Trockenperiode des Sommers ganz verschwunden, ja es fällt sogar vom Dezember bis Februar mehr Regen als im ganzen übrigen Jahr. Um so trockener sind die fünf Wintermonate geworden, die fast ganz regenlos sind. Die Regensumme des Jahres nimmt von Norden nach Süden ab.

Die folgenden Zahlen, welche den Mitteln aus den Jahren 1893—1898 entsprechen, mögen das Gesagte illustriren. Allerdings ist zu bemerken, dass in den einzelnen Jahren bald der nördliche Typus der Vertheilung den südlichen weiter zurückdrängt, bald umgekehrt.

Mittlere Regenmengen in Millimetern.

	Tanga	Daressalam resp. Kitopeni	Lindi
Juni—Oktober	328	192	42
November—Mai	992	822	920
Dezember—Februar	104	197	510
Jahr	1320	1014	962

In den ebenen Theilen des Gebietes herrscht auf allen Stufen das Baobabklima des Köppen'schen Schemas vor; es gehört in das Reich der Megathermen, das folgendermaassen gekennzeichnet wird:

Keine kühle Zeit vorhanden, Temperatur des kältesten Monats über 18° C, mindestens 1 Monat mit reichlichem Regen. Keine Kälteruhe der Vegetation, aber im Baobabklima periodische Trockenruhe. Wo ausgesprochene Trockenzeiten überhaupt vorhanden, liegt die Haupttrockenzeit im Winter und Frühling und fällt die grösste Hitze gewöhnlich auf deren Ende. Zwei Abtheilungen:

1. Lianenklima, ohne Trockenzeit oder aber mit einer jährlichen Regenmenge über 2000 mm (oder 1500—2000 mm mit höchstens 2 Monaten Trockenzeit); Unterschied zwischen dem wärmsten und kältesten Monat nur 1—6° C.

Digitized by Google

2. Baobabklima oder tropisches Savannenklima, mit mindestens 2 Monaten wirklicher Trockenzeit und zugleich weniger als 2000 mm Regen und bis zu 12° steigendem Temperaturunterschied zwischen den Monaten. Dieses Baobabklima zeigen sämtliche Stationen an der Küste. Nur in dem abnorm feuchten Jahre 96/97 ist in Tanga kein Monat mit weniger als 30 mm Regen vorhanden, sodass hier die Bedingungen des Lianenklimas erfüllt wären. Doch fällt durchschnittlich auch Tanga in das Gebiet des Baobabklimas. Nach obigen Bemerkungen über die Regenvertheilung im Norden der Küste muss man den Begriff „Haupttrockenzeit" in der Definition des Megathermenreiches nach der zeitlichen Dauer nicht nach der Intensität des Regenmangels fassen. In der Haupttrockenzeit von Juni—Oktober fällt in Tanga 3mal soviel Regen wie in der kleinen Trockenzeit vom Dezember—Februar; aber die Haupttrockenzeit währt doppelt so lang wie die des Sommers. Hält man allerdings daran fest, als einen trockenen Monat einen solchen mit weniger als 30 mm Regen zu bezeichnen, so würden von den 12 derartigen trockenen Monaten, die Tanga in den 5 Jahren vom 1. Oktober 1894 bis 30. September 1899 aufweist, nur 4 in den Winter, dagegen 8 in den Sommer der Südhalbkugel fallen, sodass hier ebenso nach der Dauer wie nach der Intensität der Trockenheit die Haupttrockenzeit die des Sommers wird. Ob die Vegetation dieses Veranillotypus mit intensiver Regenpause die Aufstellung eines besonderen Klimas rechtfertigt, hätte der Botaniker zu entscheiden. Jedenfalls müsste in der Köppen'schen Definition des Megathermenreiches der Zusatz: „Die Haupttrockenzeit liegt im Winter und Frühling" in seiner Allgemeinheit eingeschränkt werden.

Die grosse Verbreitung des Baobabklimas im Innern zeigen die Stationen: Moshi, Lewa, Kilossa, Lukuledi, Ulanga, Tabora, Muanza, Ujiji, Wangemannshöh, Ikombe, die über das ganze Gebiet zerstreut liegen und bis zu Meereshöhen von ca. 1200 Meter reichen.

Zur Erfüllung der Bedingungen des Lianenklimas reicht die Niederschlagsmenge nur an besonders bevorzugten Stellen aus. So geschieht dies am Westufer des Viktoriasees (Bukoba), wo der über den See hinstreichende SE-Passat Gelegenheit hat Wasser aufzunehmen, um es an der ziemlich steilen Küste wieder theilweise abzugeben. Ferner ist dies in Ostusambara (vergl. Buloa) der Fall, wo in der sonst trockenen Zeit des Südostpassates noch ziemlich reichlicher Niederschlag fällt, weil dieser von der See kommende Wind an den Hängen des Gebirges nahezu 1000 Meter zu steigen gezwungen ist und dabei Wasser abgiebt. Allerdings erreicht in dieser Höhe die Mitteltemperatur des kältesten Monats schon nahezu 18°, sodass wir uns hier auf der Grenze zwischen dem Lianenklima und den feuchten Klimaten des mesothermen Reiches, dem Fuchsien- und dem Camellienklima befinden.

Für das mesotherme Reich und seine in Deutsch-Ostafrika anzutreffenden Klimata seien der Köppenschen Arbeit die folgenden Daten entnommen:

Reich der Mesothermen oder mittelwarmen Klimate mit kühler Jahreszeit (kältester Monat unter 18° C) und heissem Sommer (wärmster Monat über 22° C) oder mildem Winter (kältester Monat über 6° C) oder beiden. Von den 7 Klimaten dieses Reiches finden sich in Deutsch-Ostafrika folgende drei:

	Camellienklima	Fuchsienklima	Hochsavannenklima
Kälteruhe im Winter . . .	kurz u. unvollst.	kurz u. unvollst.	kurz u. unvollst.
Trockenruhe	im Winter und Frühling	fehlt	im Winter und Frühling
Sommertemperatur	heiss	gemässigt	gemässigt

Ueber das Camellienklima wird noch angegeben: Regenreicher heisser Sommer (wärmster Monat 22° bis 28° C bei mindestens 80 mm Regen); kältester Monat 2°—18°. Die beiden andern Klimate zeigen beständig gemässigte Temperaturen (wärmster Monat 10°—22° C, kältester 6°—18° C, Unterschied $<10°$) und keinen Regenmangel im Sommer. Das Fuchsienklima behält ausreichende Bodenfeuchtigkeit während des ganzen Jahres, dem Lianenklima der tieferen wärmeren Lagen entsprechend, während das Hochsavannenklima (dem Baobabklima entsprechend) eine ausgesprochene Trockenzeit oder eine geringere jährliche Regenmenge oder beides hat.

Wir finden das Camellienklima auf der Köppen'schen Karte in einem Streifen, der sich vom Nyassasee aus nördlich in das Gebiet erstreckt. In ihm liegt von unsern Stationen Rutenganio im Kondeland. Auch etwas östlich von dem Streifen der Köppen'schen Karte Peramiho und Ngomba, sowie Mpapua erfüllen die Bedingungen dieses Klimas; nur setzen die ergiebigen Sommerregen hier erst im heissesten Monat November ein, sodass er selbst in der Regel noch nicht 80 mm Regen erreicht. Thatsächlich ist auch dieser Zu-

Digitized by Google

satz von Herrn Köppen nur gemacht, um die Bezeichnung „regenreicher Sommer“ durch eine Zahlenangabe zu erläutern, die diese Klimate des östlichen subtropischen Typus dem sommertrockenen Olivenklima gegenüber stellt. Es wäre deshalb wohl gerathener, eine derartige Angabe über den Regenreichthum des ganzen Sommers statt nur des heissesten Monats in der Erläuterung des Camellienklimas hinzuzufügen. Da auch für Nordindien selbst die Verhältnisse ganz ebenso liegen (der Mai ist der heisseste Monat und bringt noch nicht 80 mm Regen, denn die stärkeren Regen beginnen erst mit seinem Ende), hält Herr Köppen, den ich darauf aufmerksam machte, es für richtiger, in der Erläuterung dieses östlichen subtropischen Klimatypus, die 80 mm Regen statt für den heissesten Monat für einen der heissen Monate in der Umgebung des Sommersolstitiums zu verlangen.

Dass auch für gewisse Höhenlagen in Ost-Usambara das Camellienklima mit in Betracht kommt, wurde bereits oben erwähnt. Von Kwamkoro ist die Temperatur des heissesten Monats, die der Grenztemperatur von 22° nahe liegen dürfte, nicht bekannt; nach ihr wäre die Station dem Camellien- oder dem Fuchsienklima zuzuweisen, falls auch im Durchschnitt vieler Jahre der kälteste Monat wie im Jahr 1897 in seiner Temperatur unter 18° bleibt. In höheren Lagen auf den Gebirgen finden wir das Fuchsien- oder das Hochsavannenklima und bei der grossen Variabilität der Regenverhältnisse genügen die kurzen Beobachtungsreihen nicht immer zu entscheiden, ob ein Platz zu dem einen oder dem andern der beiden zu rechnen ist.

Hier wird es richtig sein, sich, bis genaueres zahlenmässiges Material vorliegt, nach der Vegetation selbst zu richten, unter Berücksichtigung der Störungen durch die Neger (Wildbrennen) und die Plantagen der Europäer (Rodungen) und die Gebirgstropenwälder dem Fuchsienklima, die Buschformationen und offenen Formationen dem Hochsavannenklima zuzusprechen.

Andere Klimata als die bisher besprochenen sind in der Kolonie durch meteorologische Beobachtungen nicht festgestellt worden und auch kaum in grösserer Ausdehnung zu erwarten. In den trockensten Theilen der Steppen mag vielleicht lokal das Baobabklima in das xerophile Espinalklima übergehen, in dem auch der regenreichste Monat nicht mehr als 6 Regentage resp. nur 30 mm Regenmenge aufweist. Kältere Klimate sind auf den höchsten Erhebungen des Landes (Kilimandjaro) natürlich vorhanden, nehmen aber nur sehr wenig Raum ein.

Darstellung der einzelnen klimatologischen Elemente.

I. Die Temperatur.

A. Die Lufttemperatur. Ein Versuch, eine Isothermenkarte des Gebietes nach mittleren Jahrestemperaturen, die auf Meeresniveau reduzirt sind, herzustellen, ist nicht nur wegen der geringen Anzahl der Beobachtungspunkte verfrüht; es ist auch zu sehr dem willkürlichen Ermessen anheimgestellt, mit welcher Höhenstufe der Temperatur man die Reduktion vornehmen will. Kilossa und Mpapua liegen günstig auf den beiden Höhenstufen in einem Abstand von 85 Kilometer und in einer Niveaudifferenz von 520 Meter. Aus den 8 von Mpapua vorhandenen Monaten erhält man als thermische Höhenstufe auf 100 Meter eine durchschnittliche Temperaturabnahme von 0°45 in guter Uebereinstimmung mit dem Werthe 0°47, den Wild für die Reduktion der Jahresmittel auf Meeresniveau benutzt hat. (Die im Jahr 1894 in Kilossa mit einem Assmann'schen Aspirationsthermometer gefundenen Temperaturen liegen in den warmen Monaten beträchtlich (bis über 2°) niedriger als die 1897—99 erhaltenen, sodass der Strahlungsschutz in der 1897—99 benutzten Wetterhütte nicht als genügend anzusehen ist. Liegen in Mpapua nicht dieselben Fehler vor, so würde die Höhenstufe hier noch beträchtlich zu verkleinern sein.)

Der Vergleich von Tanga und Buloa (Ost-Usambara), die 50 km von einander und 900 Meter übereinander liegen, ergiebt im zweijährigen Mittel 0°57, der zwischen Tanga und Kwai (West-Usambara) bei einem Abstand von 78 km und einem Höhenunterschied von 1600 Meter 0°61 im dreijährigen Mittel. Am Kilimandjaro aber, wo bereits nach den Beobachtungen der wissenschaftlichen Kilimandjarostation und denjenigen des Dr. Widenmann in Moshi zwischen Moshi und Marangu auf eine Höhenstufe von 1°2 geschlossen worden war (s. Mitt. a. d. Deutsch. Schutzgebieten Bd. 9, S. 13) ergeben die Stationen Moshi und Mamba bei 17 km Abstand und 380 Meter Niveaudifferenz 0°91 Höhenstufe auf 100 Meter. Man müsste also, der allgemeinen Erfahrung entsprechend, die Temperaturen der Höhenstationen nach ihrer Gebirgserhebung über die umliegende Ebene mit einer grösseren Höhenstufe erst auf diese und von da mit einer kleineren von

Digitized by Google

diesem Plateau auf das Meeresniveau reduziren. Um wenigstens einen Ueberblick über diese Verhältnisse zu geben, ist in Tabelle II neben der unreduzirten mittleren Jahrestemperatur eine Zahl angegeben, die gleichmässig für alle Stationen durch Addition von 0°5 für jedes Hundert Meter Erhebung über das Meeresniveau erhalten ist. So geben die Zahlen sicher kein gutes Bild der auf Meeresniveau reduzirten Temperaturen, um so deutlicher kennzeichnen sie dafür die Stationen als Berg- oder als Plateaustationen. Diesen entsprechen dann hohe Zahlen (z. B. Lukuledi, Tabora, Muanza, schon Kilossa), während die Bergstationen in Usambara und am Kilimandjaro kleine Zahlen liefern. Moshi zeigt dabei offenbar noch Plateaucharakter. An der Küste schwankt die mittlere Jahrestemperatur nur um wenige Zehntel Grad. Die absolut höchsten Maximaltemperaturen sind auf den Plateaustationen im Innern der ersten Terrasse erreicht worden (Kilossa; aber wohl wegen der Beschaffenheit der Wetterhütte zu hoch). Unter Berücksichtigung der Meereshöhe muss hier Tabora noch viel mehr auffallen. Hier erreicht zugleich die mittlere Tagesschwankung, der kontinentalen Lage entsprechend, den Durchschnittsbetrag von 12°9 resp. 13°5 und die Gesamtschwankung des Jahres erreicht in Kilossa 29° (?) in Tabora 26°. Die übrigen Spalten der Tabelle II geben die extremsten beobachteten Temperaturen, die Mittelwerthe der Extremthermometer im heissesten und kältesten Monat, und die extremsten Werthe der Tagesschwankung sowie deren Mittelwerthe in den Monaten, in denen sie den extremsten Werth erreichte. In Tabelle III finden wir Zusammenstellungen über den jährlichen, in Tabelle IV solche über den täglichen Gang der Temperatur.

(Tabelle II, III und IV siehe Seite 9, 10 und 11)

Das Material zeigt das Anwachsen des Jahresmittels der aperiodischen täglichen Schwankung vom Meer nach dem Innern (Msikitini, Daressalam, Mpapua, Tabora); ebenso deren Anwachsen unter sonst gleichen Verhältnissen mit der geographischen Breite (Tanga, Daressalam, Lindi).

Am Kilimandjaro ergaben die Stationen Moshi, Mamba, Urwald oberhalb Kibosho, eine Abnahme dieser Grösse mit der Höhe. Der Gang der Temperatur an den einzelnen Tagen erweist sich am Kilimandjaro sehr variabel und ist wesentlich von der Bewölkung beeinflusst. Besonders in grösseren Höhen bringt eine Wolke vor der Sonne schnell eine beträchtliche Temperaturerniedrigung hervor. Als Beispiel mögen die folgenden Zahlen dienen, die ich etwa 100 m über dem oberen Urwaldrande über Kibosho an der Nyumba ya Mbassa in 3055 Meter Seehöhe am Assmann'schen Thermometer ablas.

1898, März 1. $1^h\,34^m$ p. m. 16°6 (im Wassertümpel im Schatten 8°9); $2^h\,06^m$ p. m. (leichtes Gewölk vor der Sonne) 14°2; $2^h\,27^m$ p. m. (Wolken vor der Sonne) 11°6; $3^h\,18^m$ p. m. (fast klar) 15°9; $3^h\,34^m$ p. m. 14°5; $4^h\,47^m$ p. m. 12°1; $5^h\,40^m$ p. m. 11°9; $6^h\,17^m$ p. m. 10°8; $8^h\,03^m$ p. m. 7°3.

1898, März 2. $5^h\,55^m$ a. m. 3°9; $6^h\,10^m$ a. m. 4°2; $6^h\,20^m$ a. m. Sonne wird sichtbar; $7^h\,02^m$ a. m. 10°8.

In noch grösserer Höhe über 4500 Meter über dem Meere beobachtete Dr. H. Meyer am 14. Okt. 89 nachmittags einen Temperatursturz von +26° auf +4° in einer halben Stunde; allerdings kam hier ein Graupelwetter hinzu.

In West-Usambara (Kwai) zeigt sich eine starke Abhängigkeit der täglichen Temperaturschwankung von der Windrichtung. Als Beispiel ist in der Tab. IV der grosse Unterschied im mittleren täglichen Temperaturgange in der ersten und zweiten Hälfte des April 1898 angegeben. Unter den 48 Windbeobachtungen vom 1.—16. ist nur eine, die nicht in den Quadranten N bis E fällt, während von den 42 Windbeobachtungen der letzten 14 Tage des Monats nur 6 nicht in den Winkelraum von NW über SW bis SE fallen. Die nordöstlichen Winde kommen das Gebirge herab und klären auf, womit die grosse Tagesschwankung, im Mittel 15°1, verbunden ist. Die südlichen Winde steigen auf und bringen Wolken, wodurch das Temperatur-Maximum um über 4° herabgedrückt, das Minimum fast um ebensoviel erhöht wird, obgleich die zunehmende nördliche Sonnendeklination ein Kälterwerden erwarten liesse.

Auch an der Küste tritt die Abhängigkeit der täglichen Schwankung von der Windrichtung sehr auffallend in die Erscheinung. Und zwar zeigt sie sich besonders in dem Verhalten der nächtlichen Abkühlung in der heissesten Jahreszeit. Dies ist die Zeit des Nordost-Monsuns und zwar, speziell im nördlichen Theile der Küste, die Zeit der Pause zwischen den zwei Regenzeiten. Die Strömung des NE-Monsuns ist dann so stark geworden, dass auch in der Nacht ein Wind vom Lande zur See häufig gar nicht mehr aufkommt. Ist dies der Fall, so bleibt die Nacht heiss (ca. 26°—28° Cels.). Sowie aber der Landwind aufkommt, entsteht in der Thermographenkurve ein scharfer Knick, und eine Abkühlung, oft um 5°, tritt noch in den wenigen Stunden vor Sonnenaufgang ein. Als Beispiele hierfür dienen die Temperaturgänge von Daressalam

Digitized by Google

Tab. II. **Temperatur-Mittel und -Extreme.** (Celsius-Grade.)

Station	Höhe über dem Meere Meter	Anzahl der Beobacht.-Jahre	Jahresmittel d. Temperat. absol.	Jahresmittel d. Temperat. auf Meeresniveau red. pro 100 m 0.5°	Maximum absolut	Minimum absolut	Mittleres Monats-Maximum Max.	Mittleres Monats-Maximum Min.	Mittleres Monats-Minimum Max.	Mittleres Monats-Minimum Min.	Tagesschwankung Absolutes Max.	Tagesschwankung Absolutes Min.	Tagesschwankung Mittel	Mittlere unperiodische Schwankung Max.	Mittlere unperiodische Schwankung Min.
Tanga	25	6	25.7	25.8	35.1 **10**.94	17.6 **8**.99	32.9 **12**.98	25.8 **7**.99	25.2 **12**.98	19.5 **7**.95	12.4 **11**.94	2.0 **4**.99	7.2	10.3 **10**.94	5.6 **5**.99
Bagamoyo	15	3	25.4	25.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Kitopeni	8	—	—	—	34.2 **12**.98	<17.1 **9**.97	32.8 **12**.98	<28.5 **9**.97	25.5 **12**.98	<18.7 **8**.97	13.2 **10**.96	?	?	10.1 **8**.97	6.2 **1**.97
Daressalam	13	4	25.6	25.6	35.0 **4**.98	17.1 **7**.98	32.6 **4**.98	26.9 **7**.99	26.2 **12**.97	18.9 **8**.99	12.9 **6**.98	1.8 **5**.97	7.7	10.2 **6**.98	5.2 **1**.99
Kisserawe	330	—	—	—	37.0 **12**.98	16.0 **8**.98	>32.7 **11**.98	27.7 **7**.98	>22.7 **12**.98	18.9 **8**.98	13.1 **11**.98	<3.4 **6**.98	—	—	—
Msikitini (auf der Insel Mafia)	5	1	25.9	25.9	34.0 **3**.99	<19.8 **7**.97	31.4 **3**.99	27.7 **8**.98	25.6 **2**.99	21.9 **7**.98	10.0 **10**.98	2.3 **12**.98	ca 6.5	8.1 **10**.98	<5.6 **2**.98
Mohoro	14	3	25.4	25.5	35.8 **2**.97	15.6 **9**.96	33.4 **1**.97	—	23.3 **12**.96	17.9 **9**.96	17.3 **8**.96	3.2 **3**.97	—	13.0 **9**.96	—
Kilwa	18	2	26.2	26.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Lindi	8	2	25.7	25.8)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	82	3	25.3	25.7 25.7	36.0 **2**.97	15.2 **6**.98	33.7 **11**.97	29.9 **8**.99	24.7 **1**.97	17.5 **6**.98	18.0 **6**.97	4.0 **3**.99	ca.10.9	14.8 **6**.98	8.3 **2**.97
Buloa	920	2	20.9	25.5	31.6 **1**.98	9.7 **8**.98	28.6 **2**.99	21.3 **8**.99	18.7 **1**.98	13.7 **9**.99	18.9 **11**.99	1.0 **3**.98	9.0	11.3 **2**.99	4.7 **5**.99
Kwamkoro	980	—	—	—	—	—	—	20.5 **7**.97	—	14.9 **7**.97	—	—	—	—	—
Ambangulu	1250	1	17.9	24.1	27.5 **2**.00	10.9 **6**.99	25.1 **2**.00	15.7 **7**.99	16.9 **3**.00	12.6 **8**.99	12.5 **11**.99	0.3 **5**.99	5.9	8.5 **2**.00	2.4 **5**.99
Sakarre	1230	1	18.2	24.4	—	11.3 **7**.97	—	—	17.8 **1**.97	13.6 **8**.97	—	—	—	—	—
Kwai	1610	3	16.3	24.3	30.6 **2**.99	5.5 **10**.99	26.5 **2**.99	16.1 **7**.99	15.4 **11**.96	9.8 **10**.98, 99	20.2 **10**.98	1.5 **7**.98	9.6	14.7 **10**.99	4.3 **5**.99
Moshi	1170	2	20.7	26.6	>35.7 **1**.98	11.3 **8**.99	31.2 **3**.98	22.4 **7**.99	17.8 **3**.99	13.3 **7**, **8**.99	>17.4 **3**.98	3.5 **7**.98	11.4	14.3 **3**.98	8.2 **5**.99
Marangu	1430	1	17.8	24.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	1560	1	16.7	24.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Mamba	1550	2	17.8	25.5	31.2 **2**.99	8.5 **7**.98	28.3 **2**.99	18.3 **7**.99	15.0 **12**.97	11.5 **7**.98	18.3 **3**.99	2.9 **8**.98	10.3	14.8 **2**.99	7.5 **5**.98
Urwald oberhalb Kibosho	1630	1	17.4	25.5	29.5 **2**.00	7.1 **7**.99	27.5 **2**.00	15.6 **7**.99	15.6 **2**.00	10.0 **7**.99	16.0 **10**.99	1.7 **5**.99	9.9	13.3 **10**.99	5.2 **5**.99
Kilossa	509	3	24.3	26.8	37.9 **12**.98	8.7 **6**.98	35.3 **12**.98	28.6 **8**.97	21.5 **12**.98	13.1 **6**.97	22.7 **6**.97	3.1 **1**.99	ca.12.9	15.9 **6**.97	9.9 **4**, **5**.97
Mpapua	1030	—	—	—	34.2 **2**.99	<12.2 **9**.98	>30.5 **9**.98	<23.9 **7**.99	>18.1 **12**.98	<15.4 **7**.99	>16.9 **9**.98	<3.7 **1**.99	ca.11.0	>13.1 **9**.98	7.9 **5**.99
Tosamaganga	1640	3	17.47	26.0	30.6 **11**.97	6.2 **6**.99	27.0 **11**.98	19.6 **7**.99	15.1 **11**.98	9.7 **6**.99	18.0 **9**.97	2.5 **1**.99	10.7	12.3 **6**., **7**.98	8.3 **5**.99
Ulanga	280	—	—	—	>34.0 **12**.94	13.9 **7**.95	>31.8 **12**.94	27.7 **6**.95	22.0 **4**.95	16.0 **7**.95	>15.0 **7**.95	<4.1 **4**.95	—	>12.7 **7**.95	<7.8 **5**.95
Lukuledi	1100	1	23.7	29.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Peramiho u. Ngomba	1300	—	20.2	26.7	—	9.0 **7**.99	—	—	—	11.8 **7**.99	—	—	—	—	—
Tabora	1230	2½	22.5	28.6	35.3 **10**.94	9.2 **6**.95	33.8 **10**.94	28.5 **3**.94	19.1 **11**.94	13.8 **6**.95	20.1 **7**.94	4.8 **3**.99	13.5	15.8 **7**.94	10.7 **4**.95
Muansa	1200	1½	21.8	27.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Bukoba	1190	1	20.2	26.2	33.8 **11**.97	12.5 **8**.97	28.7 **4**.97	25.2 **7**.97	18.0 **4**., **5**.97	15.2 **8**.97	15.6 **11**.97	3.8 **12**.97	10.6	12.0 **12**.97	8.9 **6**.97
Ujiji	850	—	—	—	>34.8 **9**.97	<14.6 **6**.97	>32.3 **9**.97	<28.5 **11**.97	>19.0 **12**.97	<16.2 **6**.97	>18.1 **8**.97	<6.3 **12**.97	—	>14.6 **9**.97	<10.3 **11**.99
Rutenganio	1280	1	19.5	25.9	33.5 **12**.98	10.0 **6**.99	31.3 **11**.98	20.1 **6**.99	18.3 **12**.98	12.5 **6** 99	>15.9 **11**.98	<4.5 **7**.99	—	>13.8 **11**.98	6.5 **5**.99
Manow	1580	3½	17.4	25.3	29.5 **12**.93	7.4 **7** 95	26.1 **11**.95	16.2 **7**.93	17.5 **12**.92	9.4 **7**.95	—	—	7.0	11.3 **11**.95	3.2 **4**.93
Wangemannshöh	880	2	22.2	26.6	36.9 **10**.92	12.9 **7**.93	33.9 **10**.92	22.8 **6**.92	20.5 **12**.91	14.0 **7**.93	—	—	10.0	15.0 **10**.92	5.6 **4**.92
Ikombe	500	2	23.8	26.3	—	13.6 **7**.96	—	—	22.2 **1**.97	16.2 **7**.96	—	—	—	—	—

Digitized by Google

Tab. III. **Jährlicher Temperaturgang.** (Celsius-Grade.)

Station	Absolute Gesamt-Jahres-Schwankung	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Diff. zw. dem wärmsten u. kältesten Monat
Tanga	16.7	27.5 6	**27.7** 6	27.7–6	26.7 6	25.2 6	24.5 6	23.5 6	23.4* 5	24.0 5	25.3 6	26.2 6	27.5 6	4.3
Bagamoyo	—	26.9 3	**28.2** 3	26.8 3	26.0 3	24.8 3	23.5 3	22.7* 3	22.9 3	23.8 3	25.0 2	26.7 2	27.6 2	5.5
Kitopeni	>16.0	27.4 2	27.2 2	26.4 1	—	—	—	—	22.5 1	23.4 1	25.1 3	26.1 2	**27.7** 2	ca. 5.2
Daressalam	17.9	27.8–6	**27.8+6**	26.6 6	25.8 7	24.8 7	23.5 7	23.1* 4	23.3 6	23.9 6	24.9 7	26.0 7	27.6 7	4.7
Kisserawe	>18.7	—	—	—	—	—	23.7 1	23.3* 1	23.3* 1	24.5 1	25.9 1	27.3 1	—	—
(Mittel a. Max. u. Min.)														
Msikitini	14.2	27.3 2	**27.5** 2	26.6 2	26.8 2	26.3 1	24.9 2	24.4 2	24.2* 1	24.6 1	25.1 1	26.4 1	27.0 1	3.3
Mohoro	ca. 20	26.8 3	26.9 3	26.1 3	25.7 3	24.7 3	24.0 1	22.5* 1	23.5 3	23.9 3	25.1 3	26.4 3	**27.0** 3	4.5
Kilwa	15.9	27.1 3	**27.4** 3	27.1 2	26.7 2	26.1 3	25.5 3	24.4 3	24.2* 2	25.1 2	26.1 3	27.0 4	**27.4** 4	3.2
Lindi oben	20.3	27.3 2	26.6 3	26.2 3	25.2 3	24.6 3	23.6 3	23.4* 3	23.6 3	24.1 3	25.2 3	26.8 3	**27.4** 2	4.0
Lindi unten	—	26.5 4	26.4 4	26.0 2	26.4 2	25.6 2	24.5 2	23.8 4	23.4* 4	24.3 4	25.4 4	**27.1**–4	27.0 4	3.7
Buloa	21.9	23.0 2	**23.1** 2	22.5 2	22.2 2	20.2 2	19.0 2	18.3 2	18.2* 2	18.4 2	20.1 3	21.7 3	22.9 2	4.9
Mazinde	24.2	25.3 1	**25.7** 1	24.2 1	22.9 1	22.0 1	20.8 1	20.1* 2	20.7 2	21.3 2	—	—	—	5.6
Kwamkoro	—	—	—	—	—	—	17.5 1	17.1* 1	17.8 1	18.7 1	—	—	—	—
Ambangulu	16.6	20.0 1	**20.8** 1	20.3 1	18.8 1	15.8 1	14.9 1	14.3* 1	14.5 1	16.0 1	18.0 1	19.7 1	20.0 1	6.5
(Mittel a. Max. u. Min.)														
Sakarre	—	19.3 2	20.9 1	20.4 2	18.9 2	17.2 2	15.9 2	16.3 2	14.9* 2	16.0 2	17.5 2	18.8 2	**21.0** 1	6.1
Kwai	25.1	18.6 3	**18.8** 3	18.1 3	17.0 3	15.1 3	13.6 3	13.4* 3	13.5 3	15.1 3	16.2 3	16.7 4	18.5 3	5.4
Moshi	23.5	**24.1** 3	23.6 3	23.2 3	22.1 3	18.9 2	17.9* 2	18.0 4	18.4 4	19.9 4	22.0 3	22.5 3	23.1 3	6.2
Marangu Mil.-Stat.	—	19.4 1	**20.2** 1	18.5 1	17.7 1	16.0 1	14.0 2	13.7* 2	14.2 2	15.7 2	16.8 1	17.5 2	18.4 2	6.5
Mamba	21.9	20.1 2	**20.4** 2	20.0 2	19.0 2	16.9 2	14.7 1	14.6* 2	14.8 2	16.2 2	18.1 3	19.1 3	20.2 2	5.8
Kibosho, (Mx., Mn.)	>22.4	20.2 1	**21.1** 1	20.4 1	17.5 1	13.7 1	12.7 1	12.3* 1	15.5 1	16.9 1	18.4 1	20.2 1	—	8.8
Kilossa 1894	—	24.0	—	—	—	—	20.2*	20.5	22.5	24.6	**26.1**	24.9	25.1	5.9
» 1897–99	fast 30 (?)	26.2 3	25.4 3	25.6 3	24.2 3	22.5 3	20.0* 3	20.9 3	21.9 3	24.3 3	25.7 3	27.2 2	**27.4** 2	7.4
Mpapua	>22.0	21.9 1	—	—	—	20.2 1	18.9 1	18.3* 1	—	21.9 1	23.4 1	**24.3** 1	23.7 1	6.0
Tosamaganga	23.6	18.7 2	17.9 2	18.0 2	18.0 2	16.6 3	14.3* 3	14.4 3	15.4 3	17.2 3	18.9 2	**20.1** 2	19.7 2	5.8
Ulanga	>20.1	25.3 1	26.5 1	25.6 1	25.2 1	24.2 1	22.2 1	21.9* 1	—	—	—	—	25.8 1	ca. 4.6
Lukuledi	>23.5	25.0 1	23.9 1	24.7 1	23.6 1	21.6 1	19.9* 1	21.2 1	21.8 1	23.6 1	25.2 1	**26.9** 1	26.2 1	7.0
Peramiho und Ngomba	—	21.9 2	22.0 2	20.6 1	20.0 1	18.0 1	16.3* 1	16.5 1	17.4 1	18.6 1	24.0 1	**24.1** 1	22.0 1	7.8
Tabora	26.1	21.9 3	22.1 3	21.8 3	21.6 3	21.4 4	20.9 4	20.6* 4	22.9 3	24.0 2	**25.1** 2	23.7 2	22.8 2	4.5
Muansa	17.0	21.9 2	21.6 1	**22.2** 1	21.8 2	21.4* 2	21.9 2	21.5 2	21.9 2	**22.5** 1	22.2 1	21.7 1	21.1* 1	1.4
Bukoba	21.3	20.1 4	20.4 3	20.8 3	**20.8** 2	20.5 3	20.0 3	19.3* 3	19.5 3	20.1 4	20.1 3	20.1 4	20.0 4	1.5
Ujiji	>20.2	—	—	—	—	—	22.6 1	22.3 1	22.7 1	23.9 1	**24.0** 1	21.6* 1	22.4 1	ca. 2.4
Rutenganio	23.5	21.3 2	21.2 2	20.8 1	19.3 1	17.5 1	ca. 15.7* 1	ca. 16.5 1	17.4 1	—	—	**22.8** 1	22.2 1	ca. 7.1
Manow	20.4	19.0 4	19.3 4	18.5 4	17.1 4	15.8 4	14.2 4	13.6* 4	14.6 3	16.9 3	19.5 3	**20.0** 3	19.8 4	6.4
Wangemannshöh	23.8	22.4 2	22.2 2	21.3 2	20.8 2	19.8 2	18.9 2	18.0* 2	20.5 1	23.0 1	25.2 1	**25.9** 2	24.1 2	7.9
Ikombe	—	25.5 1	24.4 2	24.3 2	23.5 3	22.5 3	20.7 3	20.6* 3	21.5 3	23.4 3	25.6 2	**26.2** 2	25.9 2	5.6

*) Die mit einem * versehenen Zahlen bezeichnen die Mitteltemperatur des kältesten, die fettgedruckten Zahlen die des wärmsten Monats. Die Ziffern hinter den Temperaturzahlen geben die Anzahl der Beobachtungsmonate.

am 3. und 4. Dezember 1897. Um 6 Uhr abends am 2. wie am 3. waren es 27°9; in beiden Nächten bis um 4ª fiel dann die Temperatur bei Fortdauer des NE-Windes um kaum 1° in den 10 Stunden. Am 4., wo der NE-Monsun ununterbrochen weiter wehte, ging die Temperatur nicht unter 26°4. Am 3. aber früh um 4½ Uhr sprang der Wind um, die Temperatur fiel rasch und erreichte bei schwachem SW-Wind kurz vor Sonnenaufgang 23°3. Die nächste kühle Nacht in diesem Monat war erst die vom 30./31. Dezember, sodass das mittlere Monatsminimum dieses Monats 26°2 betrug und für die Zeit vom 4. bis zum 30. Dez. die Temperatur keinen Augenblick unter 26°3 sank. Diese heissen Nordost-Monsunnächte an der Küste schaden den Europäern vielfach sehr, da viele dabei keinen Schlaf finden können, sodass ihr Körper in dieser Zeit viel von seiner Widerstandsfähigkeit einbüsst und etwa eintretenden Fieberanfällen dann weniger gewachsen ist. Das Herabgehen der täglichen Schwankung in der heissen Zeit ist in Daressalam so stark ausgeprägt, dass im Mittel aus den 4 Jahren 1896 bis 1900 die 6 Monate November—April, deren Mitteltemperatur über dem Jahresmittel liegt, eine mittlere aperiodische Schwankung unter dem Jahresmittel zeigen. Die Anzahlen der Nordost-Monsunnächte, in denen die Temperatur nicht unter 25° sank, waren in Daressalam

Digitized by Google

Tab. IV. **Tägliche Temperaturgänge.** (Celsius-Grade.)

Station	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª	9ª	10ª	11ª	Mittag	1ᵖ	2ᵖ	3ᵖ	4ᵖ	5ᵖ	6ᵖ	7ᵖ	8ᵖ	9ᵖ	10ᵖ	11ᵖ	12ᵖ	Δ
Tanga 22. 2. 1896	27.3	26.6	26.5	26.5	26.4	26.1	26.4	27.6	28.5	29.9	29.9	30.4	30.9	30.5	30.1	29.7	28.3	27.7	27.3	27.5	27.4	27.4	26.7	26.2	5.8
» 8. 10. 1896	21.4	21.1	20.8	20.7	20.2	20.1	21.5	25.5	25.4	28.0	28.4	28.7	29.5	29.5	29.0	27.8	26.8	25.6	24.9	24.7	24.4	24.1	23.2	22.2	9.9
Daressalam 3. 12. 1897	27.1	27.0	27.0	26.9	25.3	23.6	24.7	28.2	29.4	30.3	31.3	31.7	31.8	32.2	30.3	29.8	28.9	27.9	27.5	27.4	27.3	27.2	27.2	27.1	8.9
» 4. 12. 1897	27.1	27.0	26.8	26.7	26.5	26.4	28.0	28.9	29.6	30.6	31.3	31.8	32.0	31.0	30.9	30.3	29.2	28.2	27.8	27.5	27.5	27.4	27.3	27.2	5.7
» 16. 7. 1898	18.3	18.1	18.0	17.5	17.4	17.2	17.8	22.3	25.2	27.1	28.1	29.0	29.5	29.1	28.8	27.8	26.4	24.9	23.2	22.8	22.0	20.8	19.9	19.5	12.4
Kilwa 30. 12. 1895	—	—	—	—	—	—	26.6	27.2	28.2	29.0	29.0	29.4	29.8	29.2	29.2	29.2	29.0	28.2	28.0	27.5	27.4	—	—	—	ca. 5
» 9. 7. 1896	—	—	—	—	Min. 20.4	—	21.3	—	26.0	—	27.1	—	29.5	27.1	—	26.5	—	24.3	—	—	22.5	folg. Min.	19.8	—	9.8
Mazinde 28. 7. 1894	—	—	Max. 27.2	—	Min. 13.8	—	16.6	17.8	19.3	21.5	24.0	24.6	26.0	26.0	25.8	25.4	25.3	23.0	21.6	20.2	19.4	»	»	14.6	13.4
» 31. 12. 1894	—	—	—	—	—	—	23.0	23.5	25.2	27.1	28.5	29.0	26.2	26.9	24.8	24.4	24.8	23.4	22.7	21.4	20.0	—	—	—	—
Kwai 1.—16. 4. 1898	13.8	13.4	12.9	12.4	12.0	11.8	13.9	19.3	22.4	23.9	24.2	24.1	24.0	23.0	22.8	22.2	20.7	19.0	17.6	16.3	15.9	15.5	14.9	14.5	15.1
» 17.—30. 4. 1898	15.4	15.3	15.1	14.9	15.0	15.0	15.5	16.0	16.9	18.1	19.5	19.9	20.3	19.9	19.6	19.1	18.3	17.4	16.7	16.4	16.1₄	15.9	15.8	15.6	7.3
Marangu (Militair-Station) [1] ..	—	—	—	--	—	—	6 40 15.1	—	9h 21.3	22.1	23.6	—	26.7	26.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	>11.8
Oberer Urwaldrd. (Kilimandj.)[2]	—	—	—	Min. <4.4	—	5.8	—	—	—	—	Max. >16.3	—	—	—	—	15.9	15.1	12.1	9.5	8.3	—	—	—	—	>12.1
Oberes Lager (Kilimandjaro)[3]	nachts 4 mm Eis gefroren					+1.8	5.2	6.9	7.4	8.2	9.7	11h 10.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	>10.1
Gonja (Pare) 16. 3. 98	—	—	—	--	—	—	—	—	—	—	—	30.9	—	32.4	—	33.2	30.3	27.7	—	23.8	—	—	—	—	—
Mtai (Westusamb. 1620 m) 18. 3. 98	—	—	—	4 40 14.8	—	—	—	—	—	—	—	21.0	19.2	18.9	19.4	—	18.2	17.1	—	—	—	—	15.3	—	> 6.2
Kerenge am Luengera[4]	—	—	—	—	—	19.9	—	—	9h 27.6	28.7	—	31.5	—	2h 33.3	—	30.4	30.0	27.7	25.9	—	—	—	—	—	>13.4
Urwaldrand bei Kibosho[5]	11.2	11.1	10.9	10.8	10.7	10.5	10.7	11.4	11.9	12.4	13.0	13.8	14.4	15.0	15.1	15.1	14.6	13.6	12.9	12.4	12.1	11.9	11.7	11.5	5.7
» » » [6]	13.4	12.3	11.7	10.5	10.2	9.7	11.6	18.5	23.3	23.0	21.7	17.5	23.2	25.0	26.2	24.5	22.7	19.5	18.1	17.9	17.0	15.2	14.8	13.8	16.7
Kilossa 10. 9. 1894	—	—	—	—	—	13.8	15.0	18.6	22.5	26.5	27.9	28.0	30.8	31.6	31.0	31.0	30.2	27.8	26.8	25.4	24.0	—	—	—	>17.8
» 21. 12. 1894	—	—	—	—	—	--	23.5	24.0	24.7	27.7	28.2	29.9	30.1	30.9	31.6	30.8	30.2	28.8	27.8	27.5	26.2	—	—	—	ca. 10
Tosamaganga 6. 11. 1898	17.4	17.3	17.4	17.4	17.2	18.5	22.0	23.8	25.9	28.0	27.9	28.5	28.0	27.3	26.8	25.3	23.9	21.8	20.7	20.5	19.8	19.0	17.4	17.1	12.0
» 19. 6. 1899	8.2	7.6	7.2	7.0	6.9	6.3	9.4	12.0	14.3	15.9	18.3	19.9	20.6	21.0	21.3	21.1	18.0	15.3	12.1	11.8	11.3	10.2	10.0	9.9	15.6
Tabora 31. 1. 1895 [7]	—	—	—	—	—	—	19.9	21.6	23.3	24.5	26.4	26.8	27.1	28.6	29.0	29.3	29.7	18.7	20.1	19.9	19.5	20.3	—	—	ca. 12
» 26. 7. 1895	—	—	—	—	—	—	14.9	18.9	21.2	22.5	24.7	25.5	26.7	27.9	27.7	28.3	26.9	24.2	21.9	21.3	20.3	folg. Min.		15.1	ca. 14
Ulanga-Station 14. 12. 1894	—	—	—	—	—	—	24.5	25.5	27.0	27.4	28.5	29.8	31.0	27.8	29.7	29.5	27.5	27.2	25.9	25.2	25.1	»	»	22.4	8.8
» » 28. 6. 1895	—	—	—	—	—	—	18.5	20.9	22.5	23.1	24.7	25.6	26.2	26.1	24.9	24.6	23.3	22.4	20.8	19.3	19.5	»	»	14.9	>11.5

[1]) 1436 m, 1.—2. März 1898.
[2]) 2700 m, 3.—4. März 1898.
[3]) 3685 m, 2.—3. März 1898.
[4]) 29.—30. März 1898.
[5]) Mittel Juli 1899.
[6]) 4. Oktober 1899.
[7]) 6ᵖ ◹² ◍.

Digitized by Google

im Sommer 1895/96: 62, 96/97: 57, 97/98: 79, 98/99: 77 Nächte. Der Dürrecharakter der Zeit vom Sept. 97 bis März 99 kommt in diesen Zahlen mit zum Ausdruck. Die anderen 6 Monate, Mai—Oktober, mit niedriger Mitteltemperatur zeigen grosse mittlere Schwankung, wie es die folgenden Zahlen veranschaulichen:

Daressalam. Mittel der Jahre 1896—1900.

	Bewölkung	Mittel-Temperatur	Mittlere aperiod. Schwankung
Januar	4.2	27.9	6.1
Februar	4.9	27.8	6.7
März	4.1	27.0	7.4
April	5.1	26.0	7.3
Mai	4.8	25.0	7.5
Juni	3.6	23.8	9.4
Juli	4.5	23.1	8.8
August	3.6	23.3	9.0
September	2.8	23.7	8.7
Oktober	3.1	24.9	7.9
November	4.2	26.4	6.8
Dezember	3.5	27.7	5.9
Jahr	4.0	25.6	7.6
Nov.—April	4.3	27.2	6.7
Mai—Okt.	3.7	24.0	8.5

Die verhältnissmässige Kleinheit der Schwankung im Mai ist dem Einfluss der Regenzeit, die noch tief in den Mai hineinreicht, zu verdanken. Die Zahlen für die Bewölkung sind Mittelwerthe nach der Formel $\frac{7^a + 2^p + 9^p}{3}$. Sie zeigen, dass hier die Bewölkungsverhältnisse nicht durchweg den Ausschlag geben für die Grösse der Temperaturschwankung. Der Dezember vereinigt die kleinste Temperaturschwankung mit schwacher Bewölkung. Hier ist wirklich der Transport von warmer Luft, der in der Nacht anhält, der Grund für die geringe Temperaturdifferenz zwischen Nacht und Tag. Im April und Mai dagegen trifft hohe Bewölkung mit ziemlich kleiner Temperaturschwankung zusammen (Regenmonate).

Es ist interessant, die analoge Tabelle für Kwai in West-Usambara mit dieser Daressalamer Tabelle zu vergleichen.

Kwai. Mittel aus 3 Jahren, Dezember 1896 bis November 1899.

	Bewölkung	Mittel-Temperatur	Mittel der unperiod. Schwkg.	% der Windrichtungen a. NW-E um 2p
Januar	4.7	18.6	11.2	93
Februar	5.0	18.7	12.3	88
März	5.9	18.1	11.3	80
April	7.0	17.0	9.0	60
Mai	8.5	15.1	5.2	34
Juni	7.1	13.5	5.9	21
Juli	7.2	13.4	5.7	29
August	6.7	13.5	7.0	21
September	5.8	14.9	10.4	37
Oktober	4.8	16.2	13.6	72
November	4.9	17.3	13.1	85
Dezember	4.4	18.6	11.3	90
Jahr	6.0	16.2	9.7	59

Hier sind genau die Monate mit einer Bewölkung unter dem Jahresmittel auch die, deren Temperaturschwankung über dem Jahresmittel liegt und umgekehrt. Die letzte Spalte zeigt, dass die grosse Temperaturschwankung und geringe Bewölkung mit dem Vorherrschen nördlicher bis östlicher Winde zusammenfällt. Der abnorm regenreiche November 1896 tritt in allen diesen Verhältnissen in einen krassen Gegensatz zu den Novembern der drei folgenden Jahre. Für ihn sind die entsprechenden Zahlen: Bewölkung 7.3; Temperatur 16°2; Temperatur-Schwankung 5°1!; Prozente der Windrichtungen aus NW—E 38.

Digitized by Google

Berüchtigt in der Gegend westlich von Kwai sind die kalten Nächte, durch die sich bestimmte Oertlichkeiten auszeichnen. Ich hatte dies in der Landschaft Ndague, einen guten Tagemarsch von Kwai, zu beobachten Gelegenheit. Dort fiel in der Nacht vom 22. auf 23. März 1898 bis 6 Uhr morgens in einem geschlossenen Hochthal in etwa 1650 Meter Meereshöhe die Temperatur auf 4°8, während um 5^p bei feuchtem Wetter noch 16°1 abgelesen waren. Die folgende Nacht rastete ich in ganz derselben Meereshöhe in einem Thal, das der kalten Luft Abfluss ermöglichte; hier sank die Temperatur in der Nacht nicht unter 13°9; Mittags um $12^h\,45^m$ hatten wir 20°8 Lufttemperatur bei 53°6 Strahlungstemperatur.

In Daressalam schwankt im Laufe des Jahres das mittlere Minimum stärker als das Maximum, weshalb die kühlen Monate die grosse Tagesschwankung zeigen. In Kwai schwankt umgekehrt das Maximum viel erheblicher als das Minimum, und die warmen Monate besitzen die grosse Schwankung. Dass diese im ersten warmen Monat, dem Oktober, bereits den höchsten Betrag erreicht, hängt mit dem oben erwähnten Umschlag in der Windrichtung zusammen, der nicht nur eine Steigerung des täglichen Temperaturmaximums, sondern zugleich eine solche Erniedrigung des täglichen Temperaturminimums hervorbringt, dass in den 3 Beobachtungsjahren der Oktober das tiefste mittlere Temperaturminimum zeigte.

Die Küste im Süden von Daressalam zeigt ähnlich wie diese Station kleinere Tagesschwankungen in der heissen Zeit. Auch im Inneren zeigt sich dies Verhalten auf den Plateaus, wie Kilossa und Tabora beweisen. Aehnliche Verhältnisse wie in Kwai dagegen treten auch in Ost-Usambara (vergl. Buloa) und am Kilimandjaro auf, wo die kühlere Zeit die kleinere Tagesschwankung zeigt. Der Norden der Küste zeigt geringere Variabilität der Tagesschwankung im Jahr und nähert sich mehr dem Typus von Usambara als dem der südlichen Küste. Kleine tägliche Schwankung zeigen in Tanga im mehrjährigen Mittel die Regenmonate November, April und Mai, aber auch Juli und August; ganz entsprechend zeigen dieselben Monate eine Bewölkung über dem Jahresmittel. Man darf hierin eine Andeutung der sogenannten dritten Regenzeit erblicken, die im Juli und August vorkommt, wie denn auch schon früher auf die geringere Intensität der winterlichen Trockenzeit im Vergleich zur sommerlichen im Norden der Küste hingewiesen wurde.

Auch Uhehe (Tosamaganga) zeigt kleine Veränderlichkeit der täglichen Temperaturschwankung. Für das Gebiet des äquatorialen Typus (Bukoba) sind geringe Veränderungen der Tagesschwankung, wie der Temperatur selbst, charakteristisch.

Im Nyassagebiet zeigen die regenreichen Monate Dezember—Juli hohe Bewölkung und kleine Tagesschwankung, die trockenen grosse Schwankung. Das Maximum der Temperatur ist stärker veränderlich als das Minimum. Die beiden Jahre, welche von Manow vollständig vorliegen, 1893 und 1895, zeigen in der Grösse der täglichen Schwankung sehr starke Unterschiede, was vermuthlich auf die Thermometeraufstellung zurückzuführen sein wird. Die mittlere Tagesschwankung betrug 1893: 5°9, 1895: 8°2.

Kennzeichnend für den hohen Werth der täglichen Schwankung in der heissen Zeit im nördlichen Küstenhinterland sind die folgenden Beobachtungen am 31. März und 1. April 1898, die an den Panganifällen in halber Höhe des Falles unmittelbar am Wasser gemacht wurden. Während das Minimum, ca. 23°4, sich nur wenig von dem in Daressalam (23°2) unterscheidet, war die Temperatur, um 1^p 36°7, beträchtlich höher als an der Küste (Daressalam 32°5). Die hohe Temperatur so nahe an dem mächtigen Wasserfall sollte man nicht erwarten. Wenn er auch damals nicht die enorme Wassermasse führte, die ich unmittelbar nach der abnorm reichen Regenzeit im April und Mai 1897 an ihm bewunderte, so standen wir doch auch 1898 in einem üppigen Balsaminenflor, der seine Fülle dem immerwährenden Sprühregen dankte. Trotzdem ging die relative Feuchtigkeit um 1^p bis 38% herab.

Panganifälle. 31. März und 1. April 1898.

(Barometerstand ca. 750 mm)

Zeit....	$12^{54}p$	$1^{19}p$	$1^{52}p$	$2^{01}p$	$2^{44}p$	$3^{08}p$	$4^{02}p$	$5^{04}p$	$6^{08}p$	$7^{07}p$	$10^{32}p$	$5^{30}a$
Temperatur	36.7	35.7	35.4	32.8	34.0	32.9	31.8	30.0	28.0	27.0	25.2	23.4
Strahlungstemperatur .	64.7	64.6	65.5	—	56.2	54.4	48.9	—	—	—	—	—
Dampfspannung.....	17.5	16.9	—	17.0	18.3	17.7	16.3	17.5	19.1	20.3	21.6	20.1
Relative Feuchtigkeit.	38	39	—	46	46	48	46	55	68	77	91	94

Digitized by Google

Die Tabelle des jährlichen Temperaturganges III bestätigt im einzelnen die Angaben, die bei der Eintheilung der Stationen nach den Klimatypen gemacht worden sind. Man erkennt die starke Verspätung des Sommer-Maximums in Tanga, die die Station dem Kapverden-Typus anreiht. Was den Uebergang aus dem europäischen Typus mit Maximum 1—2 Monate nach der Sonnenwende zum indischen mit Maximum vor der Sonnenwende anlangt, so sind Uebergangs-Stationen vorhanden, bei denen das Maximum zeitlich zwischen beiden Lagen erscheint (z. B. Kilossa). Vielfach aber weisen hohe Temperatur sowohl der Februar, als der Dezember auf, durch einen kühleren Januar getrennt. Dies Minimum mitten im Sommer ist durch die äquatoriale Lage der Kolonie hervorgerufen, für die auch die Sommersonnenwende eine Zeit niedrigeren Sonnenstandes bedeutet. Am schärfsten tritt dies in den Zahlen der Station Muanza hervor, wo die wärmsten Monate März und September dem Zenithdurchgang der Sonne entsprechen und zur Zeit der Sommersonnenwende die Temperatur am niedrigsten ist.

B. Sonnenstrahlungs-Temperatur.

Regelmässige Beobachtungen der Sonnenstrahlungs-Temperatur mit dem Schwarzkugel-Thermometer liegen nur aus Daressalam vor, und sonst sind einige auf Reisen vorgenommen worden. Der höchste absolute Werth in Daressalam wurde im Dezember 1897 mit 66°5 abgelesen; derselbe Monat zeigte auch das höchste mittlere Maximum mit 62°4. Den Gang des mittleren Maximums im Jahr und die höchsten beobachteten Werthe der einzelnen Monate giebt die folgende Zusammenstellung; die Ziffern in Klammern geben die Anzahl der Beobachtungsmonate.

Daressalam. Sonnenstrahlungs-Temperatur.

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	August	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
Mittel.....	57.4 (1)	57.1 (1)	58.1 (1)	56.1 (1)	52.7 (2)	54.3 (2)	54.1 (2)	54.8 (2)	55.6 (2)	55.4 (3)	57.9 (3)	59.9 (3)	56.1
Maximum .	64.8	61.3	62.0	61.5	62.6	58.4	58.3	58.2	59.1	62.4	65.6	66.5	66.5

In dem sehr regenreichen Mai 1899 (375.4 mm ●) betrug das Mittel nur 49°3; der merkwürdig trockene Mai 1898 (56.3 mm ●) gleicht dies aber wohl aus. Der heisse Dezember 1897, der auch durch seine heissen Nächte besonders sich auszeichnete, brachte nur 3.8 mm Regen.

Ueber den täglichen Gang der Strahlungs-Temperatur wurden im November und Dezember 1897 Beobachtungen gemacht. Danach fiel das Maximum ziemlich genau auf den Mittag und die Strahlungs-Temperatur lag im Mittel von $7^h\,40^m$ a. m. bis $4^h\,25^m$ p. m. über 50°; während derselben Zeit etwa (meist etwas länger) pflegt man an der Küste den Tropenhut zu tragen. Beobachtungen, die Geheimrath Koch in Kwai im Dezember 1897 machte, lassen es als wahrscheinlich erscheinen, dass dort die Strahlungs-Temperatur 60° kaum erreicht. Die höchste dort beobachtete Temperatur war 59°5 am 25. Dez. 1897 um 1^p, 55° wurden in diesen sehr heissen Tagen öfters überschritten.

Auf der Reise zum Kilimandjaro, die ich von Mitte Januar bis Ende März 1898 ausführte, also in trockener und heisser Zeit, habe ich Strahlungs-Temperaturen über 60° häufig abgelesen. Die folgende Tabelle giebt eine Zusammenstellung von solchen Beobachtungen, wobei zu berücksichtigen ist, dass die Zahlen nur untere Grenzen angeben, da das Thermometer keine Maximum-Einrichtung besass und die Tageszeit der Beobachtungen sich nach der Lage der Raststunden richten musste.

(Tab. V siehe S. 15.)

Das Zeichen > soll ausdrücken, dass die Sonne zur Zeit der Beobachtung nicht völlig unverschleiert schien. Die Zahlen zeigen, dass der Unterschied zwischen der Luft- und der Sonnenstrahlungs-Temperatur bei hohem Sonnenstand 30°, sogar 35° überschreiten kann. Besonders auffallend ist die in einer Höhe von 3685 Metern bereits um $11^h\,15^m$ a. m. erreichte Temperatur von 45°3 bei 10°1 Lufttemperatur; mit den von E. Frankland in Diavolezza (2980 Meter hoch) gefundenen Zahlen, 59°5 in der Sonne bei 6°0 im Schatten, ist unser Beispiel allerdings noch nicht zu vergleichen.

Digitized by Google

Tab. V. **Strahlungs-Temperaturen.**

Station	Lage	Seehöhe	Datum	Tageszeit	Strahlungs-Temperatur	Luft-Temperatur
Mbesi	Usaramo	152	18. 1. 98	2h 00m p. m.	61°5 C.	34°7
Pangani	»	166	19. 1. 98	2 29 p. m.	57.5	—
Mbusini	Useguha	390	27. 1. 98	1 25 p. m.	64.6	—
Handeni	»	745	8. 2. 98	2 45 p. m.	60.7	—
Karamo	am Pangani	482	10. 2. 98	12 26 p. m.	65.1	31.7
»	»	482	10. 2. 98	4 00 p. m.	56.7	—
Mazinde	West-Usambara	564	12. 2. 98	10 45 a. m.	56.0	30.1
Kihuiro	Süd-Pare	507	13. 2. 98	12 08 p. m.	60.7	31.3
Marangu	Kilimandjaro	1436	24. 2. 98	9 20 a. m.	46.2	21.3
»	»	1436	24. 2. 98	11 20 a. m.	51.5	24.2
»	»	1436	24. 2. 98	1 15 p. m.	51.6	26.8
Urwald ... oberhalb	Marangu	2015	25. 2. 98	10 00 a. m.	46.5	17.1
Liebertshöhe »	»	2190	25. 2. 98	11 00 a. m.	>41.5	15.7
Nyumba ya Mbassa.	oberhalb Moshi	3050	1. 3. 98	3 30 p. m.	>41.5	14.5
» » »	»	3050	1. 3. 98	5 40 p. m.	17.6	11.9
Oberes Lager	Kilimandjaro	3685	2. 3. 98	11 15 a. m.	45.3	10.1
» »	»	3685	3. 3. 98	7 15 a. m.	20.9	6.0
» »	»	3685	3. 3. 98	8 00 a. m.	28.8	6.9
» »	»	3685	3. 3. 98	9 36 a. m.	37.9	8.0
Oberer Urwaldrand oberhalb Kilema	Kilimandjaro	2700	3. 3. 98	3 45 p. m.	>34.5	15.6
		2700	3. 3. 98	4 40 p. m.	33.2	16.3
»	»	2700	3. 3. 98	5 50 p. m.	22.2	13.8
Südende des Jipesees	»	680	13. 3. 98	12 00 Mittag	63.5	30.9
Gonja	Pare	570	16. 3. 98	1 15 p. m.	62.5	31.7
Kwai	West-Usambara	1610	25. 12. 97	1 00 p. m.	59.5	24.4
Mtai	»	1620	18. 3. 98	12 10 p. m.	54.4	21.0
Ndague	»	1650	22. 3. 98	12 40 p. m.	>53.6	20.8
Kerenge	am Luengera	330	29. 3. 98	12 30 p. m.	63.0	32.0
Panganifälle	Bondeï	100	31. 3. 98	1 50 p. m.	65.5	35.1
Daressalam	Küste	13	18. 12. 97	11 20 a. m.	66.5	31.1

Für die Zeit von Juni 1898 bis Sept. 1899 waren im Mittel die Maximal-Temperaturen im Schatten und in der Sonne in Daressalam:

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
Sonne ...	57.4	57.1	58.1	56.6	49.1	54.0	54.2	54.8	55.6	56.6	58.6	60.8	56.1
Schatten .	28.7	30.7	30.5	29.1	27.1	28.8	27.8	28.2	28.2	29.2	30.4	31.1	29.2
Differenz .	28.7	26.4	27.6	27.5	22.0	25.2	26.4	26.6	27.4	27.4	28.2	29.7	26.9

Die Extreme bilden in jeder Hinsicht der regenreiche Mai und der trockene Dezember.

C. Bodentemperatur.

Messungen der Bodentemperatur liegen nur aus Daressalam vor. Es zeigte sich dabei ein sehr grosser Unterschied nach der Bodenart und der Bestrahlung durch die Sonne. Zwei Thermometer in 10 und 20 cm Tiefe in losem Sand unter der Wetterhütte an einer nur bei sehr hohem Sonnenstand beschatteten Stelle zeigten in der Zeit vom November 1897 bis Juni 1898 Temperaturen, die durchschnittlich ca. 3° über der Lufttemperatur lagen. Vom Juli—Dezember 1898 war ein grosser Holzkasten mit Ventilationslöchern über die Stelle gestülpt, an der das eine Thermometer (das andere war von Affen zerbrochen worden) 25 cm tief im festgestampften Sand sass. Die Temperaturen des Sandes in dieser Tiefe waren trotz der ständigen Beschattung der Stelle durchschnittlich $2^1/_2°$ höher als die der Luft. Im Jahr 1899 endlich befand sich das Thermometer in gleicher Tiefe unter demselben Schutzkasten, aber in Humusboden. Im Mittel des Jahres lag hier die Bodentemperatur 1° über derjenigen der Luft. Die folgende Tabelle giebt einen Ueberblick über die starke Abnahme der täglichen und jährlichen Schwankung sowie über die Verspätung der Tages- und Jahreszeit der Extreme mit der Tiefe.

Digitized by Google

Tab. VI. **Bodentemperaturen in Daressalam.**

	Nov. 1897 bis Juni 1898			Juli—Dezember 98		Jahr 1899	
	Luft	10 cm im Sand	20 cm im Sand	Luft	25 cm im Sand	Luft	25 cm im Humus
Mittel-Temperatur um 7^a	24°9	28°5	29°3	22°8	27°4	23°1	26°2
» » » 2^p	30.3	31.3	31.1	28.4	27.4	27.7	26.2
» » » 9^p	26.2	30.1	30.9	24.1	27.6	24.7	26.3
Tagesmittel	27.1	30.0	30.4	25.1	27.5	25.2	26.2
Mitteltemp. d. heissesten Monats	28.4 **12**	31.0 **2**	31.8 **4**	27.8 **12**	30.6 **12**	27.8 **2**	28.4 **3**
» » kältesten Monats	24.2 **6**	28.1 **6**	28.8 **6**	23.4 **7**	26.0 **7**	22.6 **7**	24.9 **5**
Absolutes Maximum	35.0 **4**	34.0 **4**	34.1 **4**	32.7 **9**	31.7 **12**	33.3 **12**	29.4 **3**
» Minimum	17.2 **6**	24.5 **6**	25.6 **6**	17.1 **7**	25.2 **7**	17.4 **6**	24.0 **5**

Dass das Minimum im Boden 1899 in den Mai fiel, ist den starken Regengüssen dieses Monats (375 mm Regenhöhe) zu verdanken.

II. Wind und Regen.

Wie hinsichtlich der Temperatur- und der Regenvertheilung verschiedene Typen des Klimas in der Kolonie vertreten sind, so zeigt sie auch bezüglich der herrschenden Windsysteme keinen einheitlichen Charakter. Sie liegt an der Grenze des indischen Monsungebietes, das an der Küste bis zum äussersten Süden der Kolonie seinen Einfluss deutlich geltend macht. Es ist deshalb geboten, die Betrachtung der Windsysteme nach Jahreszeiten zu gruppiren.

1. Mai—August. Im südlichen Winter (Mai—August), wo die Zone grösster Erwärmung über der Sahara und Arabien liegt, wehen die Winde aus südlicher bis südöstlicher Richtung. Sie stammen von dem um diese Zeit kühlen südlichen indischen Ozean und aus höheren Breiten. Die Temperaturdifferenzen zwischen ihrem Ausgangsort und ihrem Ziel sind gross; durch die stärkere Erwärmung des Landes bei Tage wird die Intensität der Strömung untertags noch verstärkt, aber auch abends wie morgens überwiegt die Strömung aus südlichen Richtungen. Gelegenheit zur Kondensation bietet sich wenig. Die Zeit ist trocken und kühl. Man nennt den Wind den Südost-Monsun, was insofern gerechtfertigt ist, als er dem Südwest-Monsun der nördlicheren Meerestheile unmittelbar angeschlossen erscheint und thatsächlich im Süd-Sommer von einer nordöstlichen Windströmung abgelöst wird. Weiter im Innern des Landes verschwindet aber die Einwirkung des Nordost-Monsuns und die südlichen Luftströmungen behalten das ganze Jahr hindurch die Oberhand, sodass man dort nur von einem Südost-Passat reden kann, mit dem während des Winters auch der Wind an der Küste gleichen Wesens ist. Mit dem Nachlassen der Sonnenstrahlung am Nachmittag sinkt die Temperatur besonders auf dem Land beträchtlich. Der Wind von der See lässt nach, und schon um 10^p etwa wird das Minimum der Windgeschwindigkeit erreicht, wie die zahlreichen Windstillen um 9^p (siehe Tabelle VII)

Tab. VII. **Prozentische Windhäufigkeiten.**

		NW	N	NE	E	SE	S	SW	W	still	nördl.	südl.
Tanga Mai—August 94, 95, 96, 99.	7^a	0	0	0	0.4	19.0	28.1	29.2	8.3	15.0	4.3	80.7
	2^p	0	0	0	0.5	25.4	29.5	38.5	1.5	4.6	1.0	94.4
	9^p	0	0	0	0	20.8	28.0	24.0	7.2	20.1	3.5	76.4
									Mittel...	13.2	2.9	83.8
Tanga Dez.—Febr. 94—98.	7^a	8.6	20.6	41.4	20.9	3.5	2.2	2.1	0.4	0.3	81.3	18.4
	2^p	0.8	1.5	36.1	55.7	4.3	0.7	1.0	0	0	66.2	33.8
	9^p	0.4	4.1	46.3	40.3	5.4	0.8	0	0	2.8	70.9	26.3
									Mittel...	1.0	72.8	26.2
Lindi Mai—August 95, 97, 98, 99.	7^a	0	0	1.7	16.2	40.0	18.5	0.5	0	23.1	9.8	67.1
	2^p	0.6	5.0	20.8	22.6	34.4	15.0	0.9	0.2	0.5	37.8	61.7
	9^p	0	0	18.2	18.2	27.3	7.8	0.8	0	42.6	12.4	45.0
									Mittel ..	22.1	20.0	57.9
Lindi Dez.—Febr. 95—98	7^a	4.8	5.6	7.8	16.3	19.4	17.3	9.5	0.4	18.8	26.5	54.6
	2^p	2.6	16.4	56.1	13.0	3.3	3.0	2.6	0.2	2.9	81.7	15.5
	9^p	0	7.1	16.5	9.8	6.1	0.8	0	0	59.9	28.5	11.8
									Mittel...	27.2	45.6	27.2

Digitized by Google

zeigen. Von da ab entwickelt sich in der Nacht ein ebenfalls kühler südlicher bis südwestlicher Landwind, der die Temperatur stark weiter sinken lässt. Fast jeden Morgen kommt es zur Thaubildung, im Norden der Küste auch mitunter, wenn der Seewind wieder einsetzt, zum Regnen. Es ist dies die dritte Regenzeit, die gegen Ende der Südost-Monsunzeit, wenn die Windstärke schon nachlässt, im Norden auftritt, im Süden aber, der weiter von der ansaugenden Zone entfernt liegt, völlig fehlt. Beim Uebergang des Landwindes in den Seewind zeigt sich ein schwaches sekundäres Minimum der Windgeschwindigkeit. Am Tage steigt die Temperatur auf dem Lande rasch und der Wind von der See erreicht schon bald nach Mittag seine grösste Stärke. Zur Erläuterung dieser Verhältnisse kann die Tabelle VII dienen, die die prozentischen Windhäufigkeiten im Mittel aus den Beobachtungen von 4 Jahren in Tanga und Lindi zeigt. In den Zusammenfassungen der nördlichen und südlichen Richtungen sind die Winde aus E und W auf beide gleich vertheilt.

Die ausgesprochener südliche Strömung im Norden der Küste in den Wintermonaten tritt deutlich hervor. In Lindi machen sich untertags östliche, ja sogar nordöstliche Winde bemerkbar, die in Tanga ganz fehlen. Ebenso spricht die geringere Ausbildung der Windstillen am Morgen und Abend in Tanga für die grössere Lebhaftigkeit der Monsunströmung.

September—November. Rückt in den folgenden Monaten die Sonne und mit ihr die Zone grösster Erwärmung weiter nach Süden, so dreht sich die vorherrschende Windrichtung weiter nach Osten, während zugleich die Intensität der Strömung nachlässt. Solange am Tage der östliche, allmählich mehr und mehr in Nordost übergehende Seewind weht, kommen keine starken Temperaturänderungen zu Stande; kühlt sich aber das Land hinreichend ab, sodass in der Nacht der Landwind aufkommt, so tritt von diesem Augenblick an eine rasche Abnahme der Temperatur ein. Die Uebergangszeit, in der diese verschiedenen Luftströmungen bei geringer Stärke sich mischen, giebt zu Niederschlägen Veranlassung; es entsteht die kleine Regenzeit, die im Norden der Küste in den November fällt. Zunächst sei hier die weitere Entwicklung im Norden beschrieben. Die Tageszeit des Minimums der Windgeschwindigkeit, das mit dem Uebergang des Seewindes in den Landwind zusammenfällt, verspätet sich immer mehr, das zweite Minimum am Morgen wird zum Hauptminimum, und schliesslich verschwindet der Windwechsel der Nacht ganz. Die nordöstliche Luftströmung, die, an den asiatischen Nordost-Monsun angeschlossen, den Tag über sehr kräftig weht, dauert nun auch die ganze Nacht hindurch an. Eine merkliche Abkühlung tritt in der Nacht kaum mehr ein.

Dezember—Februar. In dieser Zeit der kräftigsten Entwicklung des Nordost-Monsuns haben die Niederschläge aufgehört; es ist die Pause zwischen den zwei Regenzeiten eingetreten. Die Zahlen für Tanga im Sommer in Tabelle VII zeigen deutlich dies starke Vorherrschen der Nordwinde, auch morgens und abends sind sowohl Stillen wie südliche Windrichtungen durchaus in der Minderheit.

Im Süden dagegen bleiben ähnliche Verhältnisse, wie sie im Norden im November bestanden, von Dezember ab für die folgenden Zeiten bestehen. Wenn auch nachmittags die nordöstliche Luftströmung stark überwiegt, weicht sie doch abends der Windstille und gegen Morgen südlicheren Winden. Durch diese Mischung verschiedener Luftströmungen erhält sich die Regentendenz auch in den folgenden Monaten und eine Trockenpause zwischen den Regenzeiten kommt nicht mehr zu Stande oder ist nur von kurzer Dauer. Die Regen währen hier bis in den Mai, während im Norden erst im März der Regen von neuem einsetzt.

März—April. Die Sonne ist dann wiederum zurück nach Norden gegangen und das Gebiet grösster Erwärmung der Gegend wieder näher gerückt. Die vorherrschende Windrichtung hat deshalb von Nordost über Ost zurückgedreht und die Luftbewegung nachgelassen. Es mischen sich wieder in den verschiedenen Höhenlagen Luftmengen von verschiedenen Temperaturen und Feuchtigkeitsgehalten, was zu reichlichen Niederschlägen Veranlassung giebt. Die grosse Regenzeit ist herangekommen. Die Hauptniederschläge fallen bei höchstem Sonnenstand, und dies geht mit so grosser Regelmässigkeit vor sich, dass im April 1896 und April 1899 in Daressalam im Monatsmittel die Temperatur im Mittag niedriger als um 11^a und um 1^p war. Noch während der grossen Regenzeit im Monat Mai wird der SE-Wind vorherrschend. Während er an Intensität zunimmt, lassen die Regen nach, und es entwickelt sich von neuem die relativ trockene, kühle Zeit des Südost-Monsuns.

Die Küste. In der Mitte der Küste findet ein Uebergang von dem nördlichen zum südlichen Typus statt, insofern die Regenpause zwischen den zwei Regenzeiten kürzer und weniger intensiv als im Norden ist. In den einzelnen Jahren erobert bald der nördliche, bald der südliche Typus mehr Gebiet. Die Ge-

Digitized by Google

samtregenmenge des Jahres nimmt von Norden nach Süden ab. Die folgende Tabelle VIII zeigt die durchschnittliche Regenvertheilung in Tanga, Daressalam und Lindi und zugleich die enorme Variabilität in der Angabe je eines trockenen und eines feuchten Jahres.

Tab. VIII. Regen in Tanga, Daressalam und Lindi.

	Tanga			Daressalam			Lindi		
	feucht	trocken	Mittel	feucht	trocken	Mittel	feucht	trocken	Mittel
Zeit	8.96–7.97	10.97–9.98	1.93–8.99 ausser 5.–10.94	8.96–7.97	11.97–10.98	1.93–12.99	4.96–3.97	9.93–8.94	7.91–11.99
Januar	34.3	30.6	35.0	60.2	13.6	74.2	141.5	59.7	177.6
Februar	57.3	3.6	22.2	102.7	1.0	40.2	187.0	49.6	109.0
März	34.4	96.6	132.6	68.2	138.3	118.6	172.4	175.2	197.6
April	433.0	33.2	183.5	444.1	49.3	262.4	341.6	91.0	157.3
Mai	562.3	63.1	314.2	165.6	56.2	205.2	88.1	37.4	42.5
Juni	114.6	75.5	53.1	38.1	29.7	18.7	2.1	0.1	0.4
Juli	223.5	108.3	104.5	58.9	20.0	37.9	16.8	0.1	4.7
August	143.6	7.6	76.9	73.6	1.3	30.6	6.2	13.9	12.3
September ...	97.6	33.4	59.5	25.9	57.4	34.9	22.0	21.6	16.8
Oktober	58.5	42.1	60.0	48.4	19.1	32.0	16.5	11.1	13.0
November ...	796.1	33.8	298.3	268.5	14.0	87.6	90.6	18.4	49.8
Dezember....	74.1	7.3	41.9	32.7	3.8	60.4	187.0	12.2	128.6
Jahr	2629.3	535.1	1381.7	1387.0	403.7	1002.7	1281.8	490.3	909.6
Juni.—Okt...	637.8	266.9	354.0	244.9	127.5	154.1	63.6	46.8	47.2
Nov.—Mai...	1991.5	268.2	1027.7	1142.1	276.2	848.6	1218.2	443.5	862.4
Dez.—Febr...	165.7	71.7	99.1	195.6	18.4	174.8	515.5	121.5	415.2

Welche Unterschiede in den Windverhältnissen zwischen einem trockenen und einem feuchten Jahre in den Monaten, die die Regenzeiten vorbereiten, bestehen, mögen die folgenden Daressalamer Zahlen zeigen.

Prozentische Windhäufigkeiten in Daressalam.

		NW	N	NE	E	SE	S	SW	W	still	Regensumme		Mittlere Windgeschw. m pro Sek.
Sept.—Nov. 1896 feucht	7^a	0	1	1	4	**56**	10	1	1	26	Sept....	25.9	3.9
	2^p	1	4	**54**	19	17	2	0	1	3	Okt.	48.4	3.9
	9^p	0	1	5	**26**	6	3	0	0	**59**	Nov.	268.5	3.5
Sept.—Nov. 1897 trocken	7^a	1	3	7	1	12	**18**	16	0	**44**	Sept....	6.1	4.6
	2^p	0	2	**64**	23	5	2	2	0	1	Okt.	30.3	3.9
	9^p	0	4	**24**	22	7	1	1	0	**40**	Nov.	14.0	5.2
März–April 1897 feucht	7^a	1	3	0	2	10	12	**20**	0	**53**	März ...	68.2	3.1
	2^p	4	6	19	**26**	20	7	6	2	10	April ..	444.1	4.9
	9^p	2	0	7	**14**	13	4	5	1	54	Mai	165.6	5.1
März–April 1898 trocken	7^a	0	2	10	0	11	15	**59**	0	3	März ...	138.3	ca. 6
	2^p	2	2	**49**	8	16	7	15	1	0	April ..	49.3	6.0
	9^p	0	2	**22**	9	**4**	6	**22**	0	**34**	Mai	56.2	6.2

Während im feuchten Jahr in der Zeit von Sept.—Nov. früh der stark vorherrschende SE-Wind reichlich Meeresluft nach dem Kontinent führt und nachmittags neben dem vorherrschenden NE- und E-Wind noch immer merklich ist, bläst im trockenen Jahr am Tage fast nur NE mit etwas E-Wind und sein Nachlassen in der Frühe führt fast nur zu Windstillen und Winden vom Land. Und wo im März und April des feuchten Jahres früh Windstillen vorliegen, bläst im trockenen Jahr ein trockener Landwind aus SW, den am Tage der NE ablöst, während E- und SE-Winde selten sind, die im feuchten Jahr in gleichem Maass mit dem NE auftreten. Die Windzersplitterung in NE, E, SE bei mässiger Windgeschwindigkeit ist der Regenbildung günstig.

Wie die Regenmengen des Jahres und der Hauptregenmonate von Norden nach Süden abnehmen, so ist dies auch mit den Maximalmengen einzelner Tage der Fall. In der Zeit von Ende 1895 bis Ende 1899 fiel am meisten Regen in

Digitized by Google

Tanga	am	9. Nov.	1896....	160.6 mm
Daressalam...	»	21. April	1897....	98.2 »
Lindi	»	9. Jan.	1898....	87.1 »

Einen Ueberblick über die jährliche Regenvertheilung in den verschiedenen Theilen der Kolonie giebt die Tabelle IX. (Siehe Seite 20 u. 21.)

Usambara. In Usambara ist der Monsunwechsel deutlich ausgesprochen. In Buloa (Ost-Usambara) überwiegen nördliche Winde von November—März, in Kwai (West-Usambara) von Oktober—April. Die Regenvertheilung ist in Ost-Usambara und im südlichen Theile von West-Usambara ähnlich wie im Norden der Küste; in der Zeit von Juni—Oktober fällt mehr als doppelt so viel Regen wie in der Zeit von Dezember bis Februar. Es erklärt sich dies daraus, dass der Südost-Passat, zum Steigen gezwungen, beträchtliche Wassermengen in das Land bringt. Diese Wassermengen nehmen naturgemäss von Südosten nach Nordwesten ab. Wie kolossal die Niederschläge in einzelnen Jahren werden können, zeigen die Zahlen von Kwamkors im Süden von Ost-Usambara. In West-Usambara sind im äussersten Süden noch ziemlich grosse Regenmengen zu erwarten (vergl. Ambangulu, auch Sakarre), während der Norden sehr viel trockener ist, wie die Zahlen von Kwai und besonders von Neu-Bethel, der nördlichsten Station, beweisen. Auch die Regenvertheilung im Jahre ist hier eine andere; der Winter ist trockener als die Zeit von Dezember bis Februar. In den 3 Jahren 1897—99 ist unter den Monaten August bis Oktober in Kwai keiner mit mehr als 30 mm Regen gewesen.

Der Kilimandjaro. An der Südseite des Kilimandjaro lagern sich die jahreszeitlichen Luftströmungen des NE-Monsuns und SE-Passates und die täglichen Berg- und Thalwinde übereinander. Der letztgenannten Einwirkung entsprechend überwiegen im Jahresmittel am Abend um 9^p die Fallwinde beträchtlich, sodass in Mamba um diese Tageszeit nur in den Monaten Juli und August, in Moshi in keinem Monat südliche Winde die häufigeren sind. Während so der abendliche Fallwind durch die Südost-Passatströmung im Winter kaum beseitigt wird, sind die Luftströmungen am Tage viel stärkeren jahreszeitlichen Differenzen unterworfen. So überwiegen auch Nachmittags um 2 Uhr nördliche Winde in Mamba vom Dezember bis März (November und April sind Uebergangsmonate). In Moshi zeigt schon der März um 2^p reichlich Südwinde.

Wie gross aber hier die Variabilität in den Windrichtungen von Jahr zu Jahr ist, möge die folgende Zusammenstellung für Moshi zeigen. Es bedeutet darin S ein Ueberwiegen der Windrichtungen aus südlicher, N ein solches aus nördlicher Richtung in den einzelnen Monaten.

		Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
7^a	1894 95	S	S	S	S	N	N	N	N	N	S	S	S
	1897/98	N	N	N	N	S	S	S	S	S	S	N	S
	1898/99	N	N	S	S	S	S	S	S	S	S	S	N
2^p	1894/95	S	N	N	N	N	N	S	S	S	S	S	S
	1897/98	N	N	S	N	S	S	N	S	S	S	S	N
	1898/99	N	N	S	S	S	S	S	S	S	S	S	N

Hier findet man um 2^p wenigstens noch in 5 Monaten in den 3 Jahren eine rohe Uebereinstimmung; um 7^a ist aber nur der Monat Oktober zu finden, der in den 3 Jahren denselben Typus zeigt. Die starke Entwicklung der nördlichen Winde im Jahre 1897/98 entspricht der grossen Trockenheit dieser Zeit. Die durchschnittliche Regenmenge darf man in Moshi auf etwa 900 mm, in Mamba auf etwa 1500 mm annehmen. Nach der jahreszeitlichen Vertheilung des Regens kann man ähnlich wie in Tanga zwei getrennte Regenzeiten unterscheiden und die Zeit des Passates ist auch hier, besonders in den höheren Lagen am Berg nicht so trocken wie die Regenpause im Sommer.

Die zentralen Theile der Kolonie. Die Windbeobachtungen aus den zentralen Theilen der Kolonie zeigen, dass hier sehr komplizirte Verhältnisse vorliegen. In Kilossa ist in dem Jahre 1898, in dem der Nordost-Monsun besonders kräftig entwickelt war, der Monsunwechsel deutlich hervorgetreten. Vom April bis September herrschten um 2^p südliche, in den übrigen Monaten nördliche Winde vor; früh und abends überwogen vom Februar bis Mai nordwestliche Winde. 1897 traten diese Nordwestwinde, abgesehen vom Monat März, der durch Ostwinde ausgezeichnet war, vom Januar bis inkl. August stark hervor. Mittags wichen sie südlichen bis südöstlichen Winden in der Zeit vom April bis Juni. Vom September an herrschten nordöstliche bis östliche Winde zu allen Tageszeiten.

Digitized by Google

Tab. IX. **Regentabelle.**

Station	Zeit	Lage	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Ok
Tanga	1. 93—8. 99 ausser 5.—9. 94	Nord-Küste	35.0	22.2	132.6	183.5	314.2	53.1	104.5	76.9	59.5	6
Kitopeni	1. 92— 2. 99	Mittel-Küste	107.9	37.3	145.4	239.7	141.5	20.7	34.0	35.0	42.2	3
Daressalam	1. 93—12. 99	»	74.2	40.2	118.6	262.4	205.2	18.7	37.9	30.6	34.9	3
Bagamoyo	1. 92—12. 94	»	120.9	27.3	127.5	177.0	149.7	14.1	44.9	19.9	16.6	2
Mohoro	8. 96— 5. 99	»	117.9	94.5	172.1	170.7	94.3	ca. 6	ca. 0	23.7	30.5	5
Msikitini	6, 7. 97, 1. 98—4. 99	auf der Insel Mafia	81.0	58.8	101.7	299.3	15.6	143.5	74.3	0.0	121.5	
Kilwa	11. 91—12. 93 u. 10. 95—7. 96	Süd-Küste	122.5	103.1	171.1	319.9	101.0	0.6	17.0	23.8	7.8	
Lindi	7. 91—11. 99	»	177.6	109.0	197.6	157.3	42.5	0.4	4.7	12.3	16.8	1
Buloa	4. 97—11. 99	Ost-Usambara	93.8	75.0	120.7	275.3	386.2	81.0	161.0	93.2	68.2	11
Kwamkoro	8. 96— 7. 97	»	27.0	88.6	80.4	920.0	641.5	65.5	340.0	213.5	123.5	19
Ambangulu	7. 99— 3. 00	West-Usambara	45.6	96.8	176.0	—	—	—	325.8	125.0	30.5	3
Mazinde	1.—9. 95	»	39.2	35.4	138.9	223.9	348.6	0.6	17.7	8.8	50.0	
Sakarre	1897	»	92.7	115.6	87.1	526.2	553.0	54.1	245.2	82.7	81.7	14
	1898	»	—	—	39.1	42.1	116.2	24.0	46.8	22.5	67.9	1
Neu-Bethel	1899	»	29.4	9.9	54.2	77.1	99.7	0	38.7	9.2	0.8	
Kwai [1]	12. 96—11. 99	»	54.6	53.1	95.2	74.1	145.2	28.8	55.7	11.3	11.3	1
Moshi	7. 94— 9. 95 u. 11. 97—10. 99	Kilimandjaro	8.8	79.7	86.8	243.5	314.3	15.7	49.8	10.1	30.3	
Marangu	6. 93—12. 94	»	9.8	14.9	335.6	135.7	216.3	97.7	124.3	103.9	24.8	10
Mamba	10. 97—11. 99	»	81.2	109.2	155.0	187.0	241.9	35.0	150.4	76.4	68.2	10
Kilossa	6. 94—1. 95 u. 1. 97—11. 99	Ussagara	123.0	128.5	91.9	130.3	27.1	3.4	26.5	9.2	2.9	1
Ulanga-Station	12. 94— 8. 95	Mahenge	528.5	81.2	254.4	247.6	117.3	16.0	0.0	0.0	—	
Tosamaganga	5. 97— 9. 99	Uhehe	152.3	123.8	73.4	33.8	10.7	0.0	0.1	0.0	1.2	
Peramiho-Ngomba	1. 99— 2. 00	Ungoni	182.5	151.4	211.4	79.9	1.7	0.0	2.6	0.0	0.0	
Tabora	3. 93— 8. 95	Unyamwezi	116.9	100.5	120.0	144.7	17.2	8.4	0.0	0.0	16.0	
Muansa	4. 94— 8. 95	am Viktoriasee	55.9	122.1	115.8	238.1	95.4	79.0	9.2	80.1	73.7	18
Bukoba	93: 9, 11, 12, [5]	am Viktoriasee	96.6	145.9	263.5	571.1	444.2	53.8	27.9	58.6	62.4	10
Ujiji	11. 96—12. 97	Tanganyikasee	146.0	108.4	114.8	111.6	9.6	7.6	0.0	0.0	42.0	
Manow	10. 92—5. 96 [3]	Kondeland	279.2	179.8	378.7	666.7	375.2	54.3	101.2	30.8	25.6	5
Wangemannshöh [2]	11. 91—7. 93	»	235.2	233.3	155.5	257.7	94.8	5.0	14.6	6.0	0,1	
Ikombe	95: 3, 6, 7, [4]	am Nyassasee	197.7	343.0	139.4	440.5	211.1	181.8	42.4	57.1	8.0	
Rutenganio	11. 98—8. 99, 1.—3. 00	Kondeland	171.3	275.8	201.2	715.7	667.6	53.9	104.6	>18.5	—	

[1]) Der abnorm feuchte November 1896 ist zur Mittelbildung nicht mit herangezogen.

[2]) Im Jahr 1895 wurden im ganzen 933 mm gemessen, wobei aber das Wasser mitunter über einen Monat im Regenmesser der Verdunstung ausgesetzt war, ehe es gemessen wurde. Trotzdem waren die so gemessenen Regenmengen in den Monaten Juni—November 1895 grösser als die hier angegebenen Mittelwerthe aus 1893—1895.

[3]) (ausser 9, 10. 93). [4]) ferner 3. 96—9. 97, 11, 12. 97, 4.—9. 98.

[5]) ferner 94: 1, 6—12; 95: 1—7, 9, 11, 12; 96: 1; 4. 97—3. 98.

In Peramiho ist im Jahre 1899 ein jahreszeitlicher Wechsel deutlich hervorgetreten, die südlichen Winde hatten von April—Juli die Oberhand; vom August an aber waren nordöstliche Winde die häufigeren.

In Mpapua überwogen 1898 von Mai bis Dezember südliche Winde. Aehnlich liegen die Verhältnisse in Iringa in Uhehe, wo früh und abends (schon um 6^p) das ganze Jahr hindurch südliche bis südöstliche Luftströmungen den Vorrang haben. Auch mittags um 2 Uhr bildeten die Windrichtungen von W bis NE nur in den extremsten Monsunmonaten Dezember 1897, Januar 1898 und Januar und Februar 1899 die Majorität. Theilt man aber die Winde genau ein in solche von der nördlichen und solche von der südlichen Hälfte, so treten zu den Monaten mit vorwiegenden nördlichen Winden um Mittag noch Oktober und November 1897, Oktober und Dezember 1898 und März 1899 hinzu. Es kommt dies daher, dass die Einwir-

Digitized by Google

Regentabelle.

Tab. IX.

Nov.	Dez.	Jahr	Juni bis Okt.	Nov. bis Mai	Dez. bis Febr.	Maximal-Jahr		Minimal-Jahr		Maximal-Monat		Maximal-Tag	
83.3	41.9	1381.7	354.0	1027.7	99.1	8. 96— 7. 97	2629.3	10. 97— 9. 98	535.1	11. 96	796.1	9. 11. 96	160.6
28.6	59.2	1025.7	166.1	859.1	204.4	11. 96—10. 97	1462.3	11. 97—10. 98	ca. 300	4. 93	379.3	—	—
37.6	60.4	1002.7	154.1	848.6	174.8	8. 96— 7. 97	1387.0	11. 97—10. 98	403.7	4. 97	444.1	21. 4. 97	98.2
55.8	33.5	892.1	120.4	771.7	181.7	1. 93—12. 93	968.1	11. 93—10. 94	669.5	11. 94	292.6	5. 4. 92	67.4
46.9	21.4	903.1	115.3	787.8	233.8	8. 96— 7. 97	1404.0	3. 98— 2. 99	427.5	11. 96	256.2	17. 4. 97	78.3
65.2	108.2	1031.9	332.1	699.8	248.0	5. 98— 4. 99	1031.5	3. 98— 2. 99	606.1	4. 99	510.9	15. 6. 97	216.0
90.0	116.0	1010.7	57.1	953.6	341.6	12. 91—11. 92	1232.3	Jahr 1893	893.8	4. 92	415.6	5. 4. 92	130.1
99.8	128.6	909.6	47.2	862.4	415.2	4. 96— 3. 97	1281.8	9. 93— 8. 94	490.3	4. 96	341.6	9. 1. 98	87.1
46.7	46.6	1623.8	517.8	1106.0	221.4	4. 97— 3. 98	1986.6	11. 97—10. 98	1092.6	5. 99	607.0	16. 4. 98	148.3
88.0	88.0	3683.3	939.8	2743.5	203.6	—	—	—	—	4. 97	920.0	—	—
82.4	131.6	>1045.7	>513.3	—	275.0	—	—	—	—	—	—	26. 12. 99	59.8
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	27. 5. 95	70.5
110.0	5.0	2009.7	606.1	1403.6	213.3	—	—	—	—	5. 97	553.0	18. 5. 97	104.4
11.1	97.5	<760	182.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
25.5	80.7	434.5	51.0	383.5	120.0	—	—	—	—	5. 99	99.0	4. 1. 99	25.2
29.9	32.0	648.8	118.7	530.1	139.7	11. 96—10. 97	1123.9	11. 97—10. 98	463.0	11. 96	320.7	30. 4. 98	65.0
41.1	35.4	967.5	108.9	858.6	123.9	10. 94— 9. 95	1229.4	11. 97—10. 98	ca. 600	5. 99	394.2	17. 4. 98	91.4
79.9	77.3	1526.1	674.6	851.5	102.0	—	—	—	—	3. 93	335.6	4. 93	119.5
93.3	40.6	1396.5	431.3	965.2	231.0	12. 98—11. 99	1583.2	3. 98— 2. 99	1085.0	5. 99	285.4	1. 2. 98	93.0
54.4	87.2	668.7	52.3	616.4	338.7	4. 97— 3. 98	810.0	3. 98— 2. 99	500.0	4. 97	232.8	17. 4. 97	97.6
	65.6	>1300	wenig	>1300	675.3	—	—	—	—	1. 95	528.5	3. 1. 95	85.3
71.1	74.7	519.3	1.5	517.8	250.8	4. 98— 3. 99	561.0	Jahr 1898	469.3	1. 99	196.9	28. 11. 98	48.3
224.4	224.5	923.5	2.6	920.9	558.4	—	—	—	—	3. 99	211.4	9. 1. 00	59.8
101.1	100.8	686.7	26.5	660.2	318.2	3. 94— 2. 95	905.4	Jahr 1899	ca. 300	3. 94	208.1	6. 4. 94	91.5
122.2	120.8	1274.5	423.2	851.3	298.9	—	—	—	—	—	—	10. 94	78.5
130.0	130.7	2181.0	309.0	1872.0	373.2	2. 95— 1. 96	>2695.5[6]	4. 97— 3. 98	1848.1	4. 95	751.3	2. 5. 95	132.8
96.8	96.6	760.4	49.6	710.8	351.0	11. 96—10. 97	736.5	Jahr 1897	684.6	12. 96	160.4	4. 11. 97	63.3
229.9	229.0	2448.4	268.9	2179.5	688.0	5. 95— 4. 96	2967.8	Jahr 1895	2056.9	4. 93	979.1	4. 93	202.9
168.8	168.9	1192.5	27.3	1165.2	637.4	2. 92— 1. 93	1268.8	8. 92— 7. 93	1183.8	4. 93	255.3	1. 93	64.5
97.1	97.5	1789.1	293.9	1495.2	638.2	6. 96— 5. 97	1920.6	Jahr 1897	1636.8	4. 98	623.9	17. 4. 98	314.5[7]
136.5	136.1	>2350	>177	2171.2	583.2	—	—	—	—	4. 99	715.7	13. 5. 99	110.0

[6] Fehlt Oktober und August 1—22.

[7] Vom 16. April 1898, 7^a, bis 18. April 1898, 7^a, fielen in Ikombe 472.5 mm Regen.

kung des Nordost-Monsuns wenigstens insofern noch merklich wird, als an Stelle der südöstlichen Winde der übrigen Monate nun östliche ganz besonders stark hervortreten, sodass von April 1898 bis März 1899 sogar im Jahresmittel um 2^p östliche Winde die südöstlichen an Häufigkeit übertrafen.

In noch viel höherem Maasse zeigt Tabora ein ausgesprochenes Vorherrschen direkt östlicher Winde und zwar zu allen Tageszeiten, wie die folgenden mittleren prozentigen Windhäufigkeiten für das Jahr 1894 zeigen.

	NW	N	NE	E	SE	S	SW	W	still
7^a	1	4	11	**61**	7	0	1	2	12
2^p	6	3	14	**44**	15	2	5	6	4
9^p	2	0	3	**36**	7	1	2	4	**44**

Nur im Dezember des Jahres 1894 um 2^p und 9^p, und ebenso im Januar 1895 um 2^p und im Februar 1895 um 9^p, hatten westliche Winde die Oberhand. In den Passatmonaten tritt neben der öst-

Digitized by Google

lichen Windrichtung in Tabora fast nur die südöstliche auf, während die Monsunmonate eine grössere Windzersplitterung nach der Richtung mit grösserer Neigung zu nördlichen Luftströmungen bringen. Dies Vorherrschen östlicher Luftströmungen ist für das ganze Gebiet charakteristisch, wie ja auch an der Küste der jahreszeitliche Windwechsel sich im Durchschnitt nur zwischen NE und SE bewegt; es findet dies seine Begründung darin, dass das äquatoriale Ostafrika in allen Jahreszeiten eine positive thermische Anomalie, der äquatoriale Theil des indischen Ozeans eine negative aufweist. Wie Südasien in seinem Sommer die Seewinde ansaugt, so thut es das äquatoriale Ostafrika das ganze Jahr; diese östliche Strömung wird jahreszeitlich modifizirt durch den Wechsel von Monsun und Passat, oder durch die nord-südliche Wanderung des zentralen Theiles des Auflockerungsgebietes in Afrika.

Zur Passatzeit ist in Afrika der östliche Charakter der Strömung schärfer ausgeprägt, als es die Erdrotation verlangt. Im Nordosten des Gebietes stärkt der Anschluss an den asiatischen Nordost-Monsun diese Strömung, während im Innern die nördliche Strömung in dieser Jahreszeit (Südsommer) selbständiger dem nach Süden gewanderten Mittelpunkt des Auflockerungsgebietes folgt und so auch zu nordwestlichen und westlichen Winden Veranlassung giebt. Die täglichen Erscheinungen des Land- und Seewindes, des Berg- und Thalwindes lagern sich über diese Grundströmungen und verdecken sie unter besonderen Umständen fast ganz.

Das Seeengebiet. Ein ausgezeichnetes Beispiel für den letzteren Fall bietet der Viktoria-Nyanza. Das tägliche Phänomen des Land- und Seewindes, wie es durch die 68500 qkm grosse Seefläche erzeugt wird, lässt hier den jahreszeitlichen Windwechsel fast völlig zurücktreten. Am Westufer des Sees in Bukoba überwiegt in allen Monaten des Jahres um 2^p der Seewind, um 9^p der Landwind. Um 7^a schliesst sich die vorherrschende Windrichtung in den meisten Monaten der nächtlichen an; doch kommt in einzelnen Monaten (April—Juni 1897; Januar 1898) schon so früh der Seewind zur vorwiegenden Ausbildung. Am Südufer in Muansa wird der nördliche Seewind um 2^p nur im Juni und Juli vom Südost-Passat übertroffen. Um 7^a hat der Landwind im ganzen Jahr die Oberhand, während um 9^p i. A. der Seewind noch vorherrschte; in der Zeit vom April 1894 bis August 1895 waren um 9^p nur im April, Juli und August 1895 Landwinde häufiger. Das starke Vorherrschen der östlichen Winde hat für Bukoba eine ziemlich hohe jährliche Regensumme zur Folge, während am Südufer die Passatmonate ziemlich trocken sind. Der Juni ergab unter 30 mm Regen. Eine Regenpause im Sommer fehlt hier wie in den zentralen Theilen der Kolonie. Auch Ujiji am Tanganyikasee zeigt diese Regenvertheilung; leider fehlen von dort Windbeobachtungen.

Auch der Nyassasee scheint wie der Viktoriasee ein prävalirendes System von Land- und Seewinden zu erzeugen. Auf den im Norden des Sees gelegenen Stationen Ikombe (Beob. Februar 1896 bis Dezember 1897 und April bis September 1898), Wangemannshöh (Beob. 1893), Manow (Beob. Jahr 1893, Januar 1895 bis Juni 1896) und Rutenganio (Beob. November 1898 bis April 1899) herrscht um 2^p das ganze Jahr hindurch ein direkt südlicher Seewind vor. In Wangemannshöh weicht er im Januar und Februar einem südwestlichen Seewind, im März herrscht starke Zersplitterung. In Manow war der häufigste Wind um 2^p statt Süd Südost im Mai, August und Sept. 1895 und April bis August 1893. Der Landwind früh und abends bläst in Ikombe vorwiegend aus N bis NE im Winter, während er im Sommer meist durch einen westlichen bis nordwestlichen Wind verdrängt wird. In Wangemannshöh überwiegt früh ein Landwind aus nördlicher bis westlicher, abends aus nördlicher bis nordöstlicher Richtung. In Manow im NW des Sees endlich weht um 7^a und 9^p der Landwind meist von N bis NW, nur in den Aequinoktialmonaten März—Mai, September bis November überwiegt schon um 7^a der südliche bis südöstliche Seewind. Leider sind von den englischen Stationen, die unmittelbar am See liegen, keine Windhäufigkeiten veröffentlicht. Die weiter im Süden gelegenen sind offenbar vom See kaum mehr in ihren Windrichtungen beeinflusst.

Die folgende Tabelle X giebt mittlere Windhäufigkeiten für ein Durchschnittsjahr für 14 Stationen in den verschiedenen Gegenden des Gebietes. Bei fast allen sind die Windrichtungen von NE—SE denjenigen von NW—SW in der Gesamtzahl überlegen. Nur Bukoba, Manow und Wangemannshöh machen hiervon eine Ausnahme, Manow und Bukoba, weil der dort um 7^a noch wehende Landwind in der Gesamtsumme die westliche Richtung in den Vordergrund stellt; Mittags überwiegen dafür dort die östlichen Winde um so mehr (67% gegen 8%). Bei Wangemannshöh lässt das im Osten ansteigende Gebirge die östlichen Winde nur in dem abendlichen Fallwind überwiegen.

Stürme. Von besonders heftigen Winden sind aus verschiedenen Theilen des Gebietes hauptsächlich solche aus östlicher Richtung meist gegen Abend bekannt geworden, z. B. in Tabora und am Kilimandjaro.

Digitized by Google

Tab. X. **Jährliche mittlere Windhäufigkeiten.**

		NW	N	NE	E	SE	S	SW	W	still
Tanga 1895—97	7^a	3.3	6.3	11.7	7.7	19	**30**	9.3	1	12
	2^p	0.3	0.7	10.7	21.3	21.3	**23.7**	18.3	0.3	3.3
	9^p	0.3	1.7	14.7	13.7	9.3	**29.3**	14.0	0.3	16.3
	Σ	3.9	8.7	37.1	42.7	49.6	**83.0**	41.6	1.6	31.6
Daressalam 1896—98	7^a	3	9	6	2	17	17	**23**	1	22
	2^p	3	8	**38**	13	26	4	3	0	2
	9^p	0	5	**20**	11	8	8	4	0	**43**
	Σ	6	22	**64**	26	51	29	30	1	**67**
Lindi 1895, 97, 98, 99	7^a	1	1.2	5.2	20	**32**	14.5	2.8	0	22.5
	2^p	1	8.2	**43.5**	20.2	10.2	7.5	1.2	0.2	1.2
	9^p	0	0.8	9	14.2	**14.8**	4.5	0.8	0	**55.5**
	Σ	2	10.2	**57.7**	54.4	57.0	26.5	4.8	0.2	**79.2**
Kwai 1897, 98, 99	7^a	5	**30.3**	15.3	7.7	5	12.7	12.3	10	1.7
	2^p	3	8	21.7	**26.3**	12.7	17	7	3.7	0.3
	9^p	8.3	**27.3**	20.3	11.7	8	7.3	8.7	10.7	1
	Σ	16.3	**65.6**	57.3	45.7	25.7	37	28	24.4	3
Mamba 1898, 99	7^a	5	8.5	**17**	6.5	12.5	13	14	**12**	13
	2^p	3	5	**24**	12	20	13	16	5	2
	9^p	2	14.5	**40**	12	16.5	4.5	4.5	2	6.5
	Σ	10	28	**81**	30.5	49	30.5	34.5	19	21.5
Kilossa 1897, 98	7^a	27	4	**18**	14	7	6	3	7	13
	2^p	10	7	20	**20**	20	11	4	4	4
	9^p	19	6	**30**	12	5	3	5	5	15
	Σ	56	17	**68**	46	32	20	12	16	32
Tosamaganga Mai 97—März 99	7^a	1	1	0	5	32	**53**	7	1	—
	2^p	8	11	6	28	**30**	10	3	4	—
	6 od. 9^p	1	1	0	15	**59**	22	1	1	—
	Σ	10	13	6	48	**121**	75	11	6	—
Tabora Jan. 94—Aug. 95	7^a	1	2	7	**65**	8	1	1	3	12
	2^p	5	3	10	**42**	16	5	5	7	7
	9^p	2	0	2	**36**	11	2	2	5	**40**
	Σ	8	5	19	**143**	35	8	8	15	59
Bukoba Febr.—April, Aug.—Dez. 93, April 97–März 98	7^a	**22**	6	1	6	14	13	6	12	20
	2^p	2	1	2	24	**41**	18	3	3	6
	9^p	**32**	14	1	1	1	0	2	23	26
	Σ	**56**	21	4	31	**56**	31	11	38	52
Muansa April 94–Aug. 95	7^a	3	3	8	18	**38**	12	5	1	12
	2^p	**31**	25	7	3	5	9	8	6	4
	9^p	6	**39**	10	4	7	4	2	2	26
	Σ	40	**67**	25	25	50	25	15	9	42
Ikombe 1896, 97	7^a	10	9	13	**25**	2	4	1	13	23
	2^p	1	0	1	2	10	**69**	10	5	3
	9^p	5	9	16	**36**	5	2	3	6	18
	Σ	16	18	30	63	17	**75**	14	24	44
Wangemannshöh 1892	7^a	**23**	23	9	9	2	3	6	23	2
	2^p	11	6	2	2	4	**43**	23	9	1
	9^p	11	**37**	23	16	2	3	4	4	1
	Σ	45	**66**	34	27	8	49	33	36	4

Digitized by Google

Jährliche mittlere Windhäufigkeiten. (Fortsetzung).

		NW	N	NE	E	SE	S	SW	W	still
Manow 1893—95	7^a	18	**25**	2	3	9	18	2	4	19
	2^p	4	4	3	4	31	**49**	2	2	2
	9^p	29	**32**	2	3	5	8	2	9	10
	Σ	51	61	7	10	45	**75**	6	15	31
Buloa Okt. 97—Nov. 99	7^a	0	1	10	3	2	4	**14**	0	**66**
	2^p	0	3	**30**	14	13	10	27	0	3
	9^p	0	2	**11**	1	1	2	**11**	0	**73**
	Σ	0	6	51	18	16	16	**52**	0	**142**

An der Küste kommen dagegen mitunter heftige westliche Winde vor, die in Zusammenhang mit den sogenannten Mauritiuscyklonen stehen dürften. Z. B. wurden solche Winde in Daressalam und Mohoro in der Zeit vom 16. bis zum 21. Februar 1897 beobachtet. Am 21. Februar 1897 um Mittag erreichte der Nordwestwind eine Geschwindigkeit von 18.6 m pro Sek. in Daressalam, wo er von drei grossen Steinhäusern die Wellblechdächer herabwarf. An grösseren Regenmengen wurden in diesen Tagen gemessen: in Daressalam am 14. Febr.: 45.2 mm, am 16. März: 24.1 mm, in Kitopeni am 16. Februar: 26.1, am 21. Februar: 25.3, in Mohoro am 16. Februar: 30.5 mm, in Lindi am 21. Februar: 70.0 mm. Zugleich wurden in Daressalam, Kwai und Tanga am 17. Februar nachmittags die zweitniedrigsten Barometerstände des Jahres abgelesen. (Nur der 24. März 1897 ging noch etwa $^1/_2$ mm niedriger). Das Zentrum des Cyklons hatte während der Zeit folgenden Weg zurückgelegt; es lag Mittags am

	15. Febr.	17. Febr.	19. Febr.	21. Febr.	
in	13°4	15°4	17°6	22°0	südl. Br.
und	58°0	53°7	51°1	52°2	östl. Lg.

Westlich von Madagaskar bewegte sich das Zentrum nur eines solchen Cyklons in der Beobachtungszeit; es war dies Ende Februar 1898, wo es die folgende Bahn beschrieb. Mittags am

	25. Febr.	26. Febr.	27. Febr.	28. Febr.	
in	7°0	8°0	11°7	12°8	südl. Br.
und	54°8	54°5	48°1	45°5	östl. Lg.

Der Cyklon liess auf der Comoreninsel Majotta kaum ein Haus stehen. An der Küste waren die folgenden Einwirkungen zu konstatiren:

Daressalam am 26. Febr. 2^p WSW 8, ⌐. Sonnenscheindauer am 27. Febr. 0.8^h, Monatsmittel 8.2^h.
Mohoro „ 27. Februar 2^p NW 7, 13.5 mm ●.
Mafia „ 26. und 27. Febr. ≡ aus SW, am 26. Februar 91.7 mm ●.
Lindi „ 27. Februar 2^p SSE 5.
In Kwai, Buloa und Mamba am 27. Februar 2^p kräftige Südwestwinde, während sonst um diese Tageszeit NE-Winde wehten. Am 26. Februar in Mamba 61.0 mm ●.
„ 26. „ in Moshi 89.7 mm ●.

Anemographen-Resultate. Anemographische Aufzeichnungen der Windgeschwindigkeit liegen nur von Daressalam vor. Danach zeigt im Durchschnitt von etwa 4 Jahren die Südost-Passatzeit (Mai—August) die grösste Windgeschwindigkeit 4.92 m pro Sek., dann folgt die Nord-Monsunzeit 4.66 m pro Sek., während die regnerischen Uebergangszeiten September—November $v = 4.09$, März—April $v = 3.99$ am wenigsten Wind aufweisen. Auch das trockene Jahr 1898 war viel windiger v (Jahresmittel) = 5.44 als z. B. das Jahr 1896 v (Jahresmittel) = 3.89. Die mittlere Windgeschwindigkeit Mai—August 1898 war sogar = 6.70 m pro Sek.; im Juli und August kamen Stunden mit 16 m pro Sek. durchschnittlicher Windgeschwindigkeit vor. Den Zusammenhang des täglichen Ganges der Windgeschwindigkeit mit dem der Windrichtung lässt die folgende für Daressalam im Mittel aus 4 Jahren gebildete Tabelle XI erkennen.

Digitized by Google

Tabelle XI. **Prozentische Windhäufigkeiten in Daressalam.**

		NW	N	NE	E	SE	S	SW	W	still
Dez.–Febr.	7^a	9	**31**	**23**	4	2	4	4	1	22
	2^p	7	**22**	**56**	8	1	1	1	1	1
	9^p	1	**15**	**57**	11	1	0	1	0	15
März–April	7^a	1	3	5	1	16	21	**27**	3	**22**
	2^p	2	4	**34**	15	**19**	9	9	2	6
	9^p	1	0	13	**15**	7	5	9	1	**49**
Mai—Aug.	7^a	0	0	0	1	22	**29**	**40**	1	7
	2^p	0	0	11	13	**53**	**14**	6	1	2
	9^p	0	0	0	5	**14**	13	5	1	**62**
Sept.—Nov.	7^a	0	0	4	12	**29**	17	9	0	**29**
	2^p	0	2	**53**	**21**	17	4	1	2	1
	9^p	1	0	12	**20**	6	4	1	0	**55**

Täglicher Gang der Windgeschwindigkeit (m/Sek.) in Daressalam.

	1^a	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	M.	1^p	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12^p	Mittel
Febr.	4.20	3.98	3.93	3.83	3.72	**3.59**	3.64	3.89	4.21	4.50	4.77	4.94	5.15	5.21	5.35	5.66	**5.84**	5.76	5.47	5.31	5.11	4.87	4.58	4.48	4.66
April	3.29	3.34	3.33	**3.37**	3.32	**3.22**	3.31	3.58	3.97	4.09	4.39	4.67	4.90	5.37	5.55	**5.58**	5.35	4.67	3.91	3.58	3.43	3.34	3.16	**3.12**	3.99
Aug.	3.49	3.59	3.71	3.71	3.75	3.75	3.78	4.39	5.19	5.98	6.56	6.89	7.28	**7.46**	**7.46**	7.43	6.95	5.71	4.21	3.51	3.24	**3.22**	3.35	3.39	4.92
Nov.	**2.87**	2.89	2.88	**2.94**	**2.87**	2.88	2.94	2.92	3.38	4.12	4.85	5.42	5.95	6.36	**6.58**	6.57	6.17	5.23	4.08	3.62	3.41	3.26	3.10	2.97	4.09

Man erkennt hier, wie der Monsun Tag und Nacht aus nördlicher bis nordöstlicher Richtung strömt, von Windstillen sowohl wie von Winden aus anderer Richtung nur selten unterbrochen. Um Sonnenaufgang ist der Wind am schwächsten, aber immer stärker als das Tagesminimum zu jeder anderen Jahreszeit. Das Maximum der Windgeschwindigkeit tritt am späten Nachmittag (5^p) ein und ist nicht besonders hoch. In der Uebergangszeit (März—April) wird der Monsun, der zugleich weiter nach Osten gedreht erscheint, noch schwächer, erreicht seine höchste Geschwindigkeit schon um 4^p und flaut dann ab, wie die hohe Stillenzahl um 9^p und das Minimum der Windgeschwindigkeit um Mitternacht zeigen. Nun kommt ein südlicher bis südwestlicher Landwind auf, dessen Verschwinden mit Sonnenaufgang zu einem zweiten Stärkeminimum Veranlassung giebt. In der Passatzeit wird das sehr hohe Maximum der Strömung bei südöstlicher Windrichtung schon zwischen 2 und 3 Uhr nachmittags erreicht, dann nimmt der Wind sehr rasch ab; um 9^p haben wir bereits 62 % Windstillen und um 10^p das Minimum der Windgeschwindigkeit. Der Wind weht dann in der Nacht aus südwestlicher Richtung vom Lande, und nimmt, während er sich über Süd wieder nach Südost dreht, von neuem an Kraft zu. In den Monaten September—November dreht sich der Wind bei Tage wieder weiter über Osten nach Nordosten und nimmt an Stärke ab. Sein Maximum am Nachmittag und sein Minimum in der Nacht fallen später als in der Passatzeit, bis allmählich die Verhältnisse der Monsunzeit wieder eingetreten sind.

III. Der Luftdruck.

Die Beobachtungen des Luftdrucks sind bei der Schwierigkeit, Quecksilberbarometer mit Negerkarawanen heil in das Innere zu bringen, bisher nur an wenigen Punkten, besonders an der Küste, durchgeführt worden. Aus dem Innern liegen solche Beobachtungen nur von Kwai (Usambara), Moshi (Kilimandjaro), Kilossa (Ussagara), Tabora (Unyamwezi) und Ujiji (am Tanganyika) vor. Bei der starken Erhebung des Innern über das Meeresniveau erscheint eine Reduktion dieser Beobachtungen auf die Höhe des Meeres nicht recht thunlich, besonders da auch die Bestimmungen dieser Höhen selbst bis jetzt nur auf barometrischem Wege durchgeführt sind. Der Werth solcher Beobachtungen liegt daher zur Zeit noch mehr darin, den jährlichen und täglichen Gang des Luftdrucks aus ihnen abzuleiten und die Grösse der Schwankungen dieses Elementes zu verdeutlichen. Die absoluten Werthe können eher dazu dienen, die Seehöhen der Beobachtungsstation zu ermitteln, als meteorologische Schlussfolgerungen zu ziehen.

Digitized by Google

Die phänomenale Regelmässigkeit der doppelten täglichen Schwankung, wie sie den Tropen eigen ist, hat sich überall, wo Barographen funktionirten, gezeigt. Man findet keinen Tag in diesen Barogrammen, der nicht die doppelte Welle zeigte, und fast jeder könnte als typisch gelten; so selten und so gering sind die Störungen des regelmässigen Verlaufs. Stellt man den täglichen Gang des Luftdrucks nach der Formel

$$db = a_1 \sin(x + A_1) + a_2 \sin(2x + A_2)$$

dar, wo x die Zeit nach Mitternacht, eine Stunde = 15° gesetzt, bedeutet, so ist a_2, die Amplitude der halbtägigen Welle, im Laufe des Jahres nur wenig veränderlich mit 2 Maximis in der Zeit der Aequinoktien, zwei Minimis in der Zeit der Solstitien. Auch die Tageszeit Z_2 des Maximums dieser Welle ist wenig veränderlich. a_1 dagegen, die Amplitude der ganztägigen Welle, schwankt viel stärker; sie hat ihr Maximum ungefähr im heissesten, ihr Minimum ungefähr im kältesten Monat. Regen- und Wolkenreichthum verkleinern a_1. Die Tageszeit Z_1 des Maximums der ganztägigen Welle liegt im Sommer beträchtlich früher als im Winter. Eine Zusammenstellung der extremen und mittleren Werthe von a_1 Z_1 a_2 Z_2 giebt die Tab. XII. Ausserdem enthält sie Angaben über die extremen und mittleren Werte der absoluten täglichen Schwankungen. Die fetten Zahlen sind Monatsbezeichnungen. Die Schwankung zwischen dem Tagesmaximum (ca. 9^h) und dem Tagesminimum (ca. 4^p) übertrifft im(allgemeinen die der Nacht [Maximum ca. 10^p; Minimum ca. 3^a]. Die Schwankung bei Tage hat ihr Maximum im Sommer, diejenige bei Nacht im Winter. Näheres hierüber zeigen die angegebenen mittleren täglichen Gänge von Daressalam, Kwai und Tabora. (Tab. XIII.)

Tab. XII. **Konstanten des täglichen Barometerganges und Tagesschwankungen.**

Station	Zeit	a_2 Max.	a_2 Min.	a_2 Mitt.	Z_2 früh	Z_2 spät	Z_2 Mitt.	a_1 Max.	a_1 Min.	a_1 Mitt.	Z_1 früh	Z_1 spät	Z_1 Mitt.	Absolute Tages-Schw. Max.	Absolute Tages-Schw. Mittel
Daressalam	1896	1.007 **9** 0.962 **4**	0.847 **1** 0.878 **7**	0.917	9^{30} **10**	10^{01} **12**	9^{47}	0.831 **2**	0.335 **5**	0.577	6^{24} **3**	8^{20} **7**	7^{06}	4.6	3. **2.** 96	1.9
Kwai	1897—99	0.761 **9** 0.759 **3**	0.638 **1** 0.620 **7**	0.687	9^{49} **6**	10^{25} **2**	10^{02}	0.514 **2**	0.259 **7**	0.368	6^{57} **4**	9^{15} **7**	7^{51}	4.0	2. **1.** 99	1.0
Tabora	**5.—11.** 99	0.823 **9**	0.699 **8**	—	9^{05} **9**	9^{24} **7**	—	1.253 **11**	0.699 **7**	—	6^{05} **11**	7^{06} **7**	—	4.5	15. **10.** 99	1.8
Moshi	**9.** 99—**3.** 00	0.962 **9** 0.968 **3**	0.904 **1** —	—	9^{02} **2**	9^{40} **3**	—	1.365 **10**	—	—	5^{50} **12**	6^{51} **9**	—	4.9	12. **12.** 99	2.7

Tab. XIII. **Tägliche Barometergänge.**

Station	Zeit	1^a	2^a	3^a	4^a	5^a	6^a	7^a	8^a	9^a	10^a	11^a	Mittag
Daressalam	**2.** 96	−0.06	−0.23	**−0.25**	−0.19	+0.02	+0.31	+0.83	+1.35	**+1.52**	+1.36	+1.03	+0.53
	7. 96	−0.14	−0.51	**−0.73**	−0.72	−0.47	−0.12	+0.45	+0.97	**+1.26**	+1.25	+1.04	+0.58
Kwai	**2.** 99	0.00	−0.18	**−0.28**	−0.25	−0.06	+0.10	+0.43	+0.84	**+1.05**	+1.04	+0.85	+0.60
	8. 97	−0.27	−0.54	**−0.66**	−0.64	−0.49	−0.20	+0.25	+0.69	+0.91	**+0.94**	+0.84	+0.58
Tabora	**11.** 99	+0.05	**−0.01**	+0.08	+0.29	+0.69	+0.98	+1.40	**+1.57**	+1.54	+1.31	+0.78	+0.24
	7. 99	−0.24	**−0.35**	−0.33	−0.17	+0.11	+0.46	+0.91	+1.20	**+1.34**	+1.23	+0.83	+0.37

Station	Zeit	1^p	2^p	3^p	4^p	5^p	6^p	7^p	8^p	9^p	10^p	11^p	Mittern.	Mittl. Barom.-Stand	Mittlere Schwankung d. Tags
Daressalam	**2.** 96	−0.11	−0.70	−1.28	**−1.60**	−1.58	−1.29	−0.82	−0.30	+0.21	+0.44	**+0.45**	+0.29	758.95	3.12
	7. 96	+0.07	−0.58	−0.92	**−1.02**	−0.79	−0.61	−0.33	+0.03	+0.40	**+0.45**	+0.38	+0.20	764.87	2.27
Kwai	**2.** 99	+0.09	−0.31	−0.78	**−1.03**	**−1.03**	−0.87	−0.63	−0.31	+0.02	+0.24	**+0.30**	+0.15	628.52	2.08
	8. 97	+0.08	−0.33	−0.63	**−0.66**	−0.58	−0.41	−0.23	+0.05	+0.32	**+0.41**	+0.40	+0.18	632.54	1.60
Tabora	**11.** 99	−0.55	−1.06	−1.52	**−1.67**	−1.62	−1.32	−0.81	−0.57	−0.16	+0.05	**+0.19**	+0.11	661.73	3.24
	7. 99	−0.24	−0.79	−1.06	**−1.13**	−0.95	−0.76	−0.49	−0.22	+0.07	**+0.15**	+0.08	−0.05	663.85	2.47

Der jährliche Gang des Luftdrucks ist im grossen und ganzen dem der Temperatur entgegengesetzt; eine Auslese solcher jährlicher Gänge mit Hinzufügung der Mittel und absoluten Extreme zeigt Tabelle XIV.

Digitized by Google

Tab. XIV. **Jährliche Gänge des Barometers.**

tation	Seehöhe	Zeit	Jan.	Feb.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr	Max.		Min.	
ga.....	26 m	**9.** 95— **8.** 99	758.3	**57.8**	57.9	59.0	60.5	62.5	63.1	**63.2**	61.9	60.8	59.3	58.4	760.2	766.2	**7.** 99	753.8	**1.** 96
amoyo..	15 m	**1.** 92—**12.** 94	**758.1**	**58.1**	58.5	59.5	61.4	62.4	63.0	**63.1**	62.1	61.1	60.5	59.1	760.6	766.7	**7.** 92	754.3	**2.** 92
essalam.	13.5 m	**1.** 96—**12.** 98	759.0	**58.7**	59.0	59.7	60.2	63.1	63.7	**63.9**	62.6	61.5	59.7	59.2	760.9	768.3	**7.** 96	753.8	**1.** 96
di	82 m	**6.** 98—**11.** 99	fehlt	**51.8**	52.9	54.1	55.3	58.6	**58.6**	58.5	57.4	55.7	54.5	53.2	755.2	764.3	**6.** 99	748.9	**2.** 99
ai	1608 m	**12.** 96—**11.** 99	629.8	**28.9**	**28.9**	29.1	30.9	31.6	32.1	**32.4**	31.8	31.0	29.9	29.9	630.5	635.1	**7.** 98	625.5	**3.** 99
ssa. ...	490 m	1897	717.2	17.4	17.7	19.6	20.0	**21.7**	20.9	21.2	20.3	19.6	17.3	**16.9**	719.1	724.7	**6.** 97	713.4	**1.** 97
ora.....	1230 m	**1.—11.** 1899	661.2	61.2	61.3	61.2	63.7	63.5	**63.8**	63.2	63.0	**61.2**	61.7	fehlt	662.2	666.5	**6.** 99	657.6	**3.** 99
i	855 m	**5.—12.** 1897	—	—	—	—	692.2	**93.3**	92.6	92.5	92.2	91.9	**91.5**	91.8	—	695.6	**6.** 97	689.1	**11.** 97

Viele Spezialitäten im jährlichen Temperaturgang spiegeln sich auch hier im Gang des Luftdrucks. Die Verspätung des Temperatur-Maximums in Tanga und Kwai ist dort auch von einer Verspätung des Luftdruck-Minimums begleitet; analog verhält es sich mit der Verfrühung dieser beiden Erscheinungen in Kilossa, Tabora und Ujiji. Wie in Kilossa der Juni bereits die niedrigste Temperatur zeigt, so hat er auch den höchsten Luftdruck. Mit der Verkleinerung der jährlichen Temperatur-Schwankung im äquatorialen Klima (Tabora, Ujiji) geht eine starke Abnahme der Luftdruck-Schwankung Hand in Hand.

IV. Sonnenscheindauer, Bewölkung, Feuchtigkeit und Gewitter.

A. Sonnenscheindauer und Bewölkung.

Registrirungen der Sonnenscheindauer liegen von Daressalam, Kwai und Muansa vor. In Daressalam liegt die Sonnenscheindauer in den Monaten März bis August absolut wie prozentual (im Verhältniss zum möglichen Maximum) unter dem Jahresmittel, in den übrigen Monaten darüber. Bildet man für jedes dieser Halbjahre einen Durchschnittsmonat, wie es Tabelle XIV zeigt, so zeigt sich ein grundsätzlicher Unterschied im täglichen Verlauf der Sonnenscheindauer.

Tab. XV. **Mittlere stündliche Sonnenscheindauer in Minuten.**

ion	Zeit	6–7	7–8	8–9	9–10	10–11	11–12	Vormitt.	12–1	1–2	2–3	3–4	4–5	5–6	Nachm.	Tagessummen absolut	Tagessummen in %	Sonnenscheindauer d. sonnigsten Tages	Sonnenscheindauer d. sonnenlos. Tages
	Jahr	18	46	**48**	47	46	44*	4h09m	45	47	49	**50**	48	20	4h18m	8h27m	74.0	11h43m	0h00m
	März–Aug..	16	46	**49**	46	43	38*	3 57	40	42	45	**47**	43	12	3 49	7 46	69.2	11 04	0 00
alam	Sept.—Febr.	20	45	47	48	50	50	4 20	51	52	**53**	**53**	52	27	4 48	9 08	78.7	11 43	0 20
	Mai—Aug..	13	46	**49**	45	40	37	3 50	36*	41	44	**46**	43	10	3 40	7 30	67.8	10 59	0 00
	Nov.—Febr.	20	42	46	50	52	52	4 22	53	**53**	53	52	51	28	4 50	9 12	78.7	11 43	0 20
	Jahr	12	32	34	**36**	35	28	2h57m	25	22	20	18	16	4	1h45m	4h42m	40.5	11h04m	0h00m
. ...	April—Aug.	3	13	16	19	**20**	15	1 26	14	14	12	11	6	0	0 57	2 23	21.6	9 14	0 00
	Sept.—März	19	45	46	**49**	45	37	4 03	33	28	25	23	23	7	2 19	6 22	54.0	11 04	0 00
	Jahr	13	37	40	43	**45**	45	3h43m	41*	44	**45**	**45**	39	11	3h45m	7h28m	66.5	11h10m	0h00m
a....	Juni—Nov..	15	43	47	49	**51**	51	4 16	43*	47	**47**	**47**	42	12	3 58	8 14	73.9	11 09	0 00
	Dez.—Mai ..	11	30	33	38	38	38	3 08	38	40	42	**44**	36	10	3 30	6 38	59.2	11 10	0 00

In den warmen Monaten zeigt die stündliche Sonnenscheindauer ein Maximum Nachmittags etwa zur Zeit der grössten Windstärke; die kalten Monate dagegen weisen ein tiefes Minimum um Mittag und zwei Maxima 3–4 Stunden vor und nach Mittag auf. Auch die einzelnen Monate dieser Halbjahre lassen diesen Verlauf erkennen, in den Uebergangsmonaten März, April, September und Oktober allerdings mehr oder weniger gestört. Die Mittel aus den Gruppen November–Februar und Mai–August zeigen deshalb diese Erscheinung am reinsten. Die Beobachtungen der Bewölkung um 7^a und 2^p stehen hiermit insofern im Einklang, als im Durchschnitt der Wintermonate (April–September) der Bewölkungsgrad um 2^p höher ist als um 7^a; in den Sommermonaten ist es umgekehrt. Die verstärkte Wolken- und Niederschlagsbildung um Mittag erklärt das Minimum der Sonnenscheindauer. Der Sonnenschein-Reichthum des Sommers, der trotz der Ausbildung der Sommerregen hier auftritt, steht im Zusammenhang mit der Regenpause in der Mitte

Digitized by Google

des Sommers. Auch in Kwai ist der Sommer absolut wie prozentisch sonnenscheinreicher als der Winter. Dagegen fehlt dort das Maximum des Sonnenscheins am Nachmittag; er ist immer sonnenscheinarm. Unter den 37 Beobachtungsmonaten waren nur 5 (Mai—Juli 1898, Mai, Juni 1899), in denen die Bewölkung um 7^a ein wenig höher als um 2^p war. Die viel höhere Bewölkung dieses Berglandes gegenüber der Küstengegend springt in die Augen. In Muansa, wo von einer Regenpause im Sommer kaum mehr die Rede sein kann, ist der regnerische Sommer (Dezember—Mai) die sonnenscheinärmere Zeit. Das Minimum der Sonnenscheindauer am Mittag zeigt sich im Jahresmittel und in vielen Monaten, besonders in den sonnenscheinreicheren Juni—November.

Welche Ungeheuerlichkeiten das trockene Jahr 1898 auch in der Sonnenscheindauer hervorgebracht hat, mag die Thatsache erhärten, dass vom 30. November bis zum 24. Dezember 1898 die durchschnittliche tägliche Sonnenscheindauer in Daressalam $10^h\,59^m$ betrug und nur zwei Tage in dieser Zeit weniger als 10^h, nämlich $9^h\,44^m$ und $9^h\,23^m$ Sonnenschein hatten.

Die Zunahme der Bewölkung am Mittag geht auch aus den Bewölkungsbeobachtungen der meisten Stationen hervor. Abends um 9^p wurde die Bewölkung ausser in Tanga überall durchschnittlich niedriger als des Mittags um 2^p gefunden. Die folgende Tabelle XVI giebt einen Ueberblick über den jährlichen Verlauf der mittleren Bewölkung und zugleich über die Art des täglichen Ganges, wobei für diesen die vier Zeichen Verwendung gefunden haben.

/ Bewölkung um 7^a, < um 2^p, < um 9^p. ∧ Bewölkung um 7^a, < um 2^p; $2^p > 9^p$.
\ » » 7^a, > 2^p, > 9^p. ∨ » » 7^a, > 2^p; $2^p < 9^p$.

Tab. XVI. **Bewölkungstabelle.**

Station	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr	7^a	2^p	9^p
Tanga.....	3.6	3.6	4.2	5.6	6.1	5.0	5.5	5.5	4.4	4.1	5.2	3.8	4.7	5.1	3.9	5.2
	∨	∨	∨	∨	∨	∨	∨	∨	∨	∨	∨	∨	∨			
Bagamoyo.....	5.7	5.3	5.3	5.7	6.0	4.6	4.3	4.3	3.7	4.0	4.7	4.2	4.8	5.1	5.3	4.0
	∨	∨	\	∧	∧	∧	∧	∧	∧	\	\	\	∧			
Daressalam....	4.5	4.7	4.6	5.3	5.1	3.6	4.6	3.7	2.6	2.5	3.9	3.9	4.1	4.5	4.7	3.0
	\	\	∧	∧	∧	∧	∧	∧	∧	\	\	\	∧			
Mohoro.....	4.2	5.3	3.9	3.7	3.1	2.5	—	3.4	(3.2)	3.6	4.2	4.2	(3.8)	4.4	4.8	2.1
	∧	∧	∧	∧	∧	∧	—	∧	∧	∧	∧	∧	∧			
Kilwa.....	6.5	5.8	5.6	5.2	4.1	3.8	3.8	3.9	4.6	4.3	5.0	5.2	4.8	5.7	4.9	3.9
	\	\	\	\	∧	∧	∧	\	\	\	\	\	\			
Lindi.....	5.8	5.7	5.2	4.3	3.5	2.7	3.4	3.3	3.4	3.4	3.6	4.6	4.1	4.2	4.8	3.1
	\	\	∧	∧	∧	∧	∧	∧	\	\	\	\	∧			
Buloa.....	6.5	5.7	5.5	6.8	7.5	6.6	7.1	7.9	5.6	6.8	6.6	6.3	6.5	6.5	6.9	6.2
	/	∧	∧	∧	\	∧	∧	\	∧	\	/	/	∧			
Kwai.....	4.8	5.1	5.9	7.0	8.5	7.0	7.2	6.7	5.8	4.8	5.5	4.1	6.0	6.0	7.4	4.7
	∧	∧	∧	∧	\	\	∧	∧	∧	∧	∧	∧	∧			
Moshi.....	3.8	4.8	5.7	7.1	8.4	7.7	7.1	7.2	6.0	5.0	4.7	4.2	6.0	6.7	6.3	4.9
	∧	∧	∧	\	∨	∨	\	\	\	\	∧	∧	\			
Mamba.....	4.0	3.2	4.6	6.9	7.5	4.7	6.6	6.6	6.9	4.3	4.9	4.3	5.4	5.7+	5.7–	4.7
	∧	∧	∧	∨	\	∨	∧	\	∨	\	\	∧	\			
Kilossa.....	6.4	6.3	5.8	6.4	4.7	4.8	5.1	5.5	5.2	5.6	5.9	6.3	5.7	6.3	5.3	5.0
	∨	\	∨	\	∧	∨	\	\	\	\	\	\	\			
Tosamaganga..	5.9	7.2	5.8	5.4	3.9	2.5	2.6	3.0	2.4	2.7	3.3	5.2	4.1	3.2	5.5	3.5
	∧	∧	∧	∧	∧	∧	∧	∧	∧	∧	∧	∧	∧			
Tabora.....	5.3	5.5	6.0	4.9	3.8	2.8	2.4	2.3	3.5	2.8	5.2	5.9	4.2	3.8	4.9	4.0
	∧	\	∧	∧	∧	∨	∧	∧	∧	∧	∧	∧	∧			
Bukoba.....	4.4	4.5	4.9	5.2	5.1	4.2	5.0	4.8	5.3	6.2	5.6	3.6	4.9	6.6	5.1	2.8
	\	\	\	\	\	\	\	∧	\	\	\	\	\			
Manow.....	8.0	7.6	7.8	8.5	8.1	7.7	5.3	4.7	4.0	2.6	4.0	6.9	6.3	5.5	7.7	5.6
	∧	∧	∧	∧	∧	∧	∧	∧	∧	∧	∧	∧	∧			
Wangemannshöh	6.7	7.2	7.0	7.0	6.2	5.3	5.6	3.5	2.0	2.5	3.2	5.9	5.2	4.4	6.3	4.8
	∧	∧	∧	∧	∧	∧	/	∧	∧	∧	∧	∧	∧			
Ikombe..... ..	5.4	6.4	4.9	5.4	3.3	3.8	3.0	3.7	1.9	3.4	3.3	4.3	4.0	4.2	4.0	3.9
	∧	∨	/	/	/	∨	∨	\	\	∧	∧	∧	\			

Digitized by Google

Während Tanga in seiner Zunahme der Bewölkung am Abend allein steht, theilt es die Abnahme zum Mittag mit den Stationen Kilwa, Moshi, Mamba, Kilossa und Bukoba; dagegen zeigen alle diese Stationen wieder ein beträchtliches Aufklaren am Abend. Eine durchschnittliche Bewölkung über 5 zeigen die Gebirgsstationen in Usambara, am Kilimandjaro und im Kondeland (auch Kilossa). Wenn auch im allgemeinen der jährliche Gang der Bewölkung, wie zu erwarten, dem des Regens parallel geht, und deshalb die hohen Bewölkungszahlen meist in den Sommer fallen, so zeigen sich doch vielfach, besonders auf den hochgelegenen Stationen, auch in den Wintermonaten hohe Bewölkungszahlen. Es ist dies besonders am Kilimandjaro und in Usambara (auch in Tanga) der Fall, wo der zum Steigen gezwungene Südost-Passat um diese Zeit Wolken und auch Regen (die sogenannte dritte Regenzeit) bringt. Auf die damit Hand in Hand gehende Verkleinerung der täglichen Temperaturschwankung ist schon früher hingewiesen worden.

B. Feuchtigkeit und Gewitter.

Ueber den täglichen Gang der Luftfeuchtigkeit sind Registrirbeobachtungen nur in Daressalam an einem improvisirten Instrument vorgenommen worden. Danach stellt der Durchschnittswerth der relativen Feuchtigkeit um 2^p ziemlich gut den Mittelwerth des täglichen Minimums dar, und darf das Tagesmittel nach der Formel $\frac{7^a + 2^p + 9^p}{3}$ berechnet werden. Die wärmeren Monate zeigen höhere relative Feuchtigkeit und kleinere tägliche Schwankung als die Passatmonate. An der Küste sinkt das mittlere Minimum der relativen Feuchtigkeit auch in den trockensten Monaten kaum bis zu 50%. Der Süden ist etwas trockener als der Norden; an einzelnen Tagen wurde im Norden ein Minimum von 40%, im Süden sogar von 30% erreicht. Im Innern sind grosse Trockenheiten vielfach konstatirt. Die folgende Tabelle XVII giebt eine Zusammenstellung der extremen Werthe der relativen und absoluten Feuchtigkeit. In der letzten Spalte sind die Monate angegeben, in denen im Monatsmittel der absolute Feuchtigkeitsgehalt um 2^p kleiner als um 7^a war.

Tab. XVII. **Feuchtigkeit.**

Station	Höchstes Monatsmittel absolut		Höchstes Monatsmittel in %		Niedrigstes Monatsmittel absolut		Niedrigstes Monatsmittel in %		Absolutes Minimum um 2^p in %		Absolute Feuchtigkeit um $2^p < 7^a$
Tanga.....	26.9	**4.** 95 2^p	91	**4.** 96	16.6	**6.** 99 2^p	73	**1.** 99	42	**5.** 99	95: **9, 10,** 96: **6, 8–10,** 98: **5, 10–12,** 99: **6**
Bagamoyo..	26.7	**2.** 92 2^p	92	**5.** 94	15.9	**7.** 94 7^a	75	**10.** 92	43	**7.** 94	nie
Daressalam.	23.9	**1.** 97 2^p	89	**4.** 96	15.1	**7.** 98 2^p	74	**12.** 97	36	**8.** 98	96: **6—8,** 98: **4—8,** 99: **6**
Mohoro ...	26.7	**3.** 97 2^p	91	**1, 2.** 98	16.0	**7.** 97 7^a	79	**11.** 97	40	**11.** 97	97: **10—12**
Lindi, unten	23.7	**2.** 96 2^p	87	**3.** 95	14.3	**7.** 95 7^a	66	**6.** 95	31	**7.** 95	92: **5—7**
» oben	23.5	**3.** 98 2^p	90	**3.** 99	13.6	**7.** 98 2^p	67	**8.** 98	25	**8.** 98	97: **11,** 98: **7—12,** 99: **6, 8**
Kwai	12.9	**4.** 97 2^p	91	**5.** 99	8.3	**9.** 99 7^a	65	**2.** 99	23	**3.** 99	98: **1, 12** 99: **3**
Moshi	14.3	**12.** 94 2^p / **3.** 98 7^a	85	**5.** 99	9.0	**10.** 94 2^p	53	**1.** 98 / **3.** 99	15	**2.** 99	94: **7-11,** 95: **1-4, 7-9,** 97 **12.**–98 **4.***)
Mamba	14.9	**12.** 97 2^p	88	**5.** 99	9.6	**8.** 98 2^p	59	**2.** 99	22	**3.** 99	98: **8—10,** 99: **5, 10**
Kilossa.....	20.5	**12.** 94 2^p	82	**12.** 94	10.3	**6.** 94 2^p	57	**9.** 94	24	**9.** 94	94: **6—11**
Mpapua	21.1	**11.** 98 2^p	81	**1.** 99	9.4	**6.** 99 2^p	57	**9.** 98	32	**9.** 98	98: **9,** 99: **6, 7**
Tosamaganga	13.1	**1.** 99 2^p	82	**2.** 99	7.3	**7.** 98 2^p	56	**10.** 97 / **11.** 98	18	**11.** 97	97: **9-11,** 98: **7-12,** 99: **2, 8, 9**
Ulangastation	21.3	**12.** 94 2^p	84	**3.** 95	12.6	**7.** 95 2^p	68	**6.** 95	34	**7.** 95	95: **5—7** (**5—7** fehlen)
Tabora.....	16.0	**3.** 94 2^p	82	**2.** 95	7.8	**7.** 99 9^p	42	**7.** 99	20	**7.** 99	95: **1, 7,** 99: **1—7**
Ikombe.....	21.9	**1.** 97 2^p	86	**1. 2.** 97	12.7	**8.** 96 7^a	65	**9.** 96 / **10.** 97	—		nie

*) ferner 98 **7.**–99 **4.**, 99: **8—10,**

Die hohe Feuchtigkeit an der Küste, wo auch der trockenste Monat nicht bis auf 70% relative Feuchtigkeit herabgeht, nimmt nach dem Innern hin rasch ab und weicht dort vielfach einer beträchtlichen Trockenheit. Am besten illustrirt dies die Tab. XVIII, die die Monatsmittel der relativen Feuchtigkeit um 2^p nach der Grösse gruppirt.

Digitized by Google

Tab. XVIII. **Anzahlen von Monaten,**

in denen das Mittel der relativen Feuchtigkeit um 2^p in das Grössenintervall fiel von:

Station	< 40%	40–50%	50–60%	60–70%	70–80%	> 80%	Extremwerthe der Mittel um 2^p Maximum		Minimum		Anzahl der Beobachtungs-Monate
Tanga	0	0	0	32	29	6	83	**4.** 97	60	**10.** 95	67
Bagamoyo	0	0	0	3	12	3	86	**5.** 94	66	**6.** 92	18
Daressalam	0	0	8	29	23	0	79	**4, 11.** 96	52	**6.** 98	60
Mohoro	0	0	1	17	8	6	84	**11.** 96	57	**12.** 97	32
Lindi (unten)	0	1	3	7	19	2	83	**2.** 92	48	**6.** 95	32
» (oben)	0	7	12	7	5	0	79	**3.** 99	46	**6.** 97	31
Kwai	0	1	13	13	9	3	87	**5.** 99	46	**2.** 99	39
Moshi	7	16	8	5	1	0	74	**5.** 99	30	**3.** 99	37
Mamba	0	2	12	5	6	0	78	**5.** 99	43	**3.** 99	25
Kilossa	2	3	1	1	1	0	70	**1.** 95	38	**8.** 94	8
Mpapua	0	2	1	4	1	0	70	**11.** 98	41	**9.** 98	8
Tosamaganga	3	10	7	3	3	0	72	**2. 98, 1. 99**	39	**10. 97, 98**	26
Ulanga	0	2	0	5	1	0	74	**3.** 95	45	**6.** 95	8
Tabora	9	9	9	8	0	0	69	**5.** 93	27	**8.** 93	35
Ikombe	0	0	4	5	6	1	81	**5.** 97	53	**9.** 96	16

Die grösste Trockenheit zeigen in Tabelle XVIII Tabora, Moshi, Kilossa und Tosamaganga.

Thau tritt an der Küste in den kühlen Monaten fast jeden Morgen auf. Hagel ist von der Küste nicht bekannt geworden, wurde aber im Innern mitunter beobachtet, so in Kwai, Moshi, Muansa, Bukoba, Rutenganio und Tosamaganga.

Tab. XIX. **Gewittertabelle.**

	Tage mit ⌐↖	Tage mit ⊤ od. ↖
Tanga	**11.** 95— **4.** 96 : 15	**11.** 95— **5.** 96 : 47
	5. 95—**11.** 96 : 0	**6.**—**11.** 96 : 0
	12. 96— **5.** 97 : 18	**12.** 96— **5.** 97 : 62
	6. 97—**12.** 97 : 0	**6.**—**10.** 97 : 1 (**10**)
		11.—**12.** 97 : 25
Bagamoyo	**1.**— **4.** 92 : 28	**1.**— **4.** 92 : 50
	5.—**12.** 92 : 0	**5.**—**11.** 92 : 0
	1.— **4.** 93 : 18	**12.** 92— **4.** 93 : 37
	5.—**10.** 93 : 0	**5.**—**10.** 93 : 0
	11. 93— **4.** 94 : 17	**11.** 93— **4.** 94 : 5
	5.—**12.** 94 : 0	**5.**—**10.** 94 : 0
		11.—**12.** 94 : 11
Daressalam	**1.**— **5.** 96 : 9	**11.** 95— **5.** 96 : 43
	6.—**12.** 96 : 0	**6.**— **9.** 96 : 0
	1.— **5.** 97 : 10	**10.** 96— **4.** 97 : 27
	6. 97— **1.** 98 : 0	**5.**— **9.** 97 : 0
	2.— **4.** 98 : 2	**10.** 97— **4.** 98 : 32
	5.—**10.** 98 : 0	**5.**—**10.** 98 : 1 (**9**)
	11. 98— **4.** 99 : 12	**11.** 98— **3.** 99 : 19
	5.—**10.** 99 : 0	**4.**—**10.** 99 : 0
Lindi	**12.** 96— **4.** 97 : 12	**3.**— **4.** 97 : 11
	5.—**11.** 97 : 0	**5.**—**11.** 97 : 0
	12. 97 - **4.** 98 : 22	**12.** 97— **5.** 98 : 27
	5.—**11.** 98 : 0	**6.**—**10.** 98 : 0
	12. 98— **4.** 99 >11	**11.** 98— **3.** 99 >16
	5.— **9.** 99 : 0	**4.**— **9.** 99 : 0
Buloa	**4.**—**12.** 97 : 0	**5.**— **9.** 97 : 0
	1.— **2.** 98 : 2	**10.** 97— **4.** 98 : 26
	3. 98—**11.** 99 : 0	**5.**—**10.** 98 : 0
		11. 98— **3.** 99 : 17
		4.—**10.** 99 : 0
Kwai	**11.** 96— **4.** 97 : 24	**11.** 96— **3.** 97 : 26
	5.— **9.** 97 : 0	**4.**— **9.** 97 : 0
	10. 97— **3.** 98 ca. 30	**10.** 97— **2.** 98 ca. 30
	4.—**10.** 98 : 0	**3.**—**11.** 98 : 0
	11. 98— **4.** 99 : 8	**12.** 98— **2.** 99 : 3
	5.— **9.** 99 : 0	**3.**—**11.** 99 : 0
Moshi	**11.** 97— **4.** 98 : 18	**11.** 97— **4.** 98 : 18
	5.—**10.** 98 : 0	**5.**— **9.** 98 : 0
	11. 98 : 3	**10.** 98 - **4.** 99 : 29
	12. 98— **2.** 99 : 0	
	3.— **4.** 99 : 4	
	5.— **9.** 99 : 0	**5.** —**10.** 99 : 0
Kilossa	**1.**— **3.** 97 : 17	**1.**—**3.** 97 : 13
	4.—**11.** 97 : 0	**4.**— **9.** 97 : 0
	12. 97— **3.** 98 : 14	**10.** 97— **4.** 98 : 17
Tosamaganga	**5.**— **8.** 97 : 0	
	9. 97— **4.** 98 : 52	
	5.— **9.** 98 : 0	
	10. 98— **3.** 99 : 23	
Tabora	**1.**— **4.** 94 : 17	**1.**— **4.** 94 : 42
	5.— **9.** 94 : 2 (**7**)	**5.**— **7.** 94 : 0
	10. 94— **4.** 95 : 33	**8.** 94— **2.** 95 : 33
	5.— **8.** 95 : 0	**5.**— **8.** 95 : 0
	1.— **4.** 99 : 15	**1.**— **4.** 99 : 12
	5.— **8.** 99 : 0	**5.**— **8.** 99 : 0
Muansa	**6.**— **7.** 94 : 0	**5.**— **6.** 94 : 0
	8. 94— **5.** 95 : 81	**7.** 94— **4.** 95 : 26
	6.— **7.** 95 : 0	**5.**— **7.** 95 : 0
Bukoba	**4.** 97— **3.** 98 : 81 ⌐↖ und 81 ⊤ oder ↖	

Digitized by Google

Die gewitterfreiesten Monate waren in Bukoba Februar, März und Juni mit 6, 9 und 7 Gewittertagen, die reichsten April, Mai, August und Oktober mit 19, 22, 20 und 22 Gewittertagen.

Rutenganio im Nyassagebiet zeigte die Gewitterpause im Winter von Mai—August 1899, ebenso Ujiji am Tanganyikasee von Juni bis Oktober 1897.

Gewitter. Schwere Gewitter sind an der Küste selten, dagegen ist Wetterleuchten am Abend in den Sommermonaten eine häufige Erscheinung. Blitze zwischen den Wolken scheinen viel häufiger zu sein als solche nach der Erde. Im Winter fehlen Blitz und Donner vollständig. Am Viktoriasee wird diese Winterpause sehr klein; ja sie ist in Bukoba nicht mehr zu bemerken, wo die sehr zahlreichen Gewitter über das ganze Jahr vertheilt sind. Auch in Tabora sind im Juli 1894 2 Gewitter beobachtet worden. Die vorstehende Tabelle XIX giebt einen Ueberblick über die Gewittervertheilung an einigen Stationen. In der Tabelle sind unter den Tagen mit ⊤ oder ≤ diejenigen mit ⊏≤ nicht mitgezählt.

Anhang.

I. Zum Erdmagnetismus des Gebietes.

Aeltere erdmagnetische Bestimmungen liegen hauptsächlich von Thornton und Kersten vor, die die Expedition des Barons Claus von der Decken begleiteten, aus den Jahren 1861—1863 für das Gebiet zwischen Mombasa und dem Kilimandjaro und für Sansibar. Danach betrug für die Zeit vom Anfang der sechziger Jahre bis gegen Ende des 19. Jahrhunderts die jährliche Aenderung

auf der Station	Süd-Breite	Ost-Länge	Seehöhe	Westliche Deklination	Horizontal-Intensität in c. g. s. E.	Südliche Inklination
Kilema (Kilimandjaro)	3° 17′	37° 29′	1470 m	−3′3		—
Moshi (»)	3° 18′	37° 22′	1160 »	(−4′6)	−0.00022	—
Am Jipesee	ca. $3^1/_2$°	ca. $37^3/_4$°	720 »	−3′5	−0.00010	—
Mbaramu (Nordfuss von Usambara)	4° 25′	38° 13′	ca. 500 »	−3′8	−0.00015	—
Wanga (Küste)	4° 40′	39° 13′	—	−2′3	−0.00009	—
Sansibar	6° 10′	39° 11′	—	−4′2	−0.00017	+1′7 bis 2′

Seit der Mitte der neunziger Jahre des 19. Jahrhunderts ist die jährliche Abnahme der westlichen Deklination aber sehr stark gewachsen; sie betrug von 1896 bis 1899 an der Küste jährlich 9′—11′, übereinstimmend nach vielen Messungen der deutschen Kriegsschiffe sowie des Verfassers an der ganzen Küste von 5°—$10^1/_4$° Süd-Breite.

Für 1900 gültige Werthe der 3 Elemente giebt die Tabelle XX.

Tab. XX. **Magnetische Elemente für 1900.**

A. Küstenstationen.

Station	Süd-Breite	Ost-Länge	Westliche Deklination	Südliche Inklinaton	Horizontal-Intensität in c. g. s. E.
Jassini	4° 40′	39° 12′	7° 22′	33°4	0.3006
Tanga	5 4	39 7	7 30	33.9	0.2984
Pangani	5 26	39 0	7 43	34.6	0.2962
Bagamoyo	6 26	38 52	8 4	36.2	0.2911
Daressalam	6 49	39 19	8 4	37.0	0.2893
Simba Uranga	7 46	39 21	8 23	38.6	0.2844
Kilwa Kivindje	8 44	39 25	8 42	40.4	0.2791
Lindi	10 0	39 44	9 20	42.4	0.2718
Mikindani	10 17	40 8	9 15	42.9	0.2705

Digitized by Google

B. Inlandstationen.

Station	Seehöhe	Süd-Breite	Ost-Länge	Westliche Deklination	Südliche Inklination	Horizontal-Intensität in c. g. s. E.
Kilema (Kilimandjaro)	1470	3° 17′	37° 29′	8° 15′	—	0.3037
Jipe-See (Ostufer)	720	3 35	37 46	7 51	—	0.3046
Hessiga (Nordfuss v. Usambara)	530	4 25	38 11	7 33	—	0.3014
Mtai (Nord-Usambara)	1620	4 28	38 8	7 28	—	0.3017
Mlima (Magamba-Berge)	1910	4 43	38 14	7 32	33°6	0.2988
Kwai (West-Usambara)	1610	4 45	38 18	7 23	33.5	0.2984
Muhafa (» »)	1360	4 55	38 19	7 46	33.8	0.2956
Sakarreberg(» »)	1360	5 0	38 22	7 42	33.4	0.2977
Mgamboberg (Ost-Usambara)	1270	5 3	38 37	7 28	34.3	0.2969
Korogwe (» »)	220	5 9	38 26	—	33.8	0.2959
Lewa (Bondeï)	200	5 19	38 46	7 47	34.0	0.2976
Mairanga (Useguha)	735	5 28	37 41	8 1	—	0.2957
Kiwanzi (Udoë)	200	6 20	38 37	8 9	35.9	—

Der grossen Regelmässigkeit der Vertheilung an der Küste stehen beträchtliche Unregelmässigkeiten im Innern gegenüber. In den Gebirgen sind fast überall, wo magnetische Beobachtungen gemacht worden sind, erhebliche Störungen gefunden worden.

Beobachtungen der täglichen Variation der 3 Elemente sind in Daressalam in einem magnetischen Pavillon mit zahlreichen Augablesungen vorgenommen worden. Sie haben die folgenden täglichen Gänge im Mittel ergeben:

Korrektionen der erdmagnetischen Elemente auf das Tagesmittel.

		7^a	8^a	9^a	10^a	11^a	Mittag	1^p	2^p	3^p	4^p	5^p	6^p	7^p	8^p	9
Westliche Deklination in Bogenminuten	Okt.—März ..	−1.18	−1.50	**−1.86**	−0.82	−0.42	+0.91	+1.39	**+1.90**	+1.80	+1.12	+0.14	**+0.04**	+0.14	+0.26	+0
	April—Sept.	+1.45	+0.42	−1.59	−1.93	**−2.15**	−1.61	−0.13	**+0.90**	+0.85	+0.59	−0.10	**−0.52**	−0.50	−0.49	−0
Südliche Inklination in Bogenminuten (Jahr)		+0.4	+0.7	+1.3	+1.5	**+1.8**	**+1.8**	+1.2	+0.6	−0.1	−0.7	−0.9	−1.1	−1.0	−1.1	−1
Horizontal-Intensität in 10^5 c. g. s. Einh. (Jahr)		+5	+1	−11	−24	−31	**−32**	−27	−21	−9	+2	+9	+10	+12	+14	−1

Die mittlere Jahreskurve des täglichen Ganges der westlichen Deklination zeigt ein Maximum zwischen 9^a und 10^a, ein Minimum zwischen 2^p und 3^p, dem abends ein schwächeres Maximum und nachts ein zweites Minimum folgen. Das Hauptmaximum verschiebt sich in den Wintermonaten nach dem Morgen im Sommer nach dem Mittag hin. Das Hauptminimum ist im Sommer tiefer als im Winter, in dem sich zugleich das sekundäre Minimum so vertieft, dass es von Juni—August das Nachmittags-Minimum übertrifft. Im Sommer dagegen verflachen sich das sekundäre Maximum und Minimum mitunter bis zum völligen Verschwinden.

Die Tageskurve der Horizontal-Intensität zeigt keine beträchtlichen jahreszeitlichen Unterschiede. Die Tageszeiten des Maximums und des Minimums der südlichen Inklination liegen im Sommer später als im Winter.

Grosse tägliche Schwankungen der drei Elemente sind mehrfach konstatirt worden, meist an Tagen, wo auch andere magnetische Observatorien der Erde solche registrirten. Die grösste Deklinationsschwankung in 24^h, die beobachtet wurde, betrug mehr als 10.3′ am 14./15. November 1897. (In Batavia am 14. November 1897: 7.1′). Vom 9. zum 10. September 1898 (grosses Nordlicht auf der Nordhälfte der Erde beobachtet) wurden Schwankungen von +9.5′ und −7.6′ konstatirt.

Die Inklinations-Schwankungen vom 9. auf den 11. September 1898 betrugen: ca. +19′, −10.5′ +9.6′, −7.2′, die Schwankungen der Horizontal-Intensität: −0.00215, +0.00160 c. g. s. Einheiten.

Digitized by Google

II. Bemerkenswerthe Meteore.

Am 5. Dezember 1896 um 6^h 35 p. m. (Mittl. Daressal. Zeit) wurde in Daressalam ein Meteor in südwestlicher Richtung gesehen, das nahezu senkrecht von 50°—30° Höhe unter Erzeugung einer hellen Lichtlinie (theils grün, theils roth bezeichnet) fiel. In 30° Höhe explodirte das Meteor unter heller Feuererscheinung ohne wahrnehmbares Geräusch. Die vorher farbig leuchtende Bahn blieb in Form eines scharfen weissen Dampfstreifens sichtbar, der sich langsam durch die Luftbewegung verzog und schliesslich ein helles weisses Wölkchen bildete, das noch ca. eine Viertelstunde sichtbar blieb; dies lässt bei der späten Tageszeit auf grosse Höhe schliessen. (Dr. Maurer).

In Bagamoyo wurde das Meteor ganz ebenso und etwa im selben Azimut beobachtet (Postsekretär Bader). Ebenso in Pangani in südsüdwestlicher Richtung (Dr. Schreber), Dasselbe wurde in Lindi beobachtet (Hauptzollamtsvorsteher Reimer), auf der Insel Chole (Beludsche Jamadar bin Isha) und 3 Tagereisen südwestlich von Mikindani (Msuaheli Schech bin Schausch).

Zur selben Zeit um $6^1/_2$ Uhr am **5. Dezember 1895** sah Herr Hauptmann Johannes in Moshi (Kilimandjaro) in Südrichtung eine Feuerkugel in Grösse des Vollmondes von rothem Licht mit langem Schweif.

Eine zweite Feuerkugel wurde in Moshi am **16. Dezember 1896** in westlicher Richtung gesehen. Sie zeigte die Form einer Birne, scheinbare Länge 3, scheinbare Breite $1^1/_2$ Vollmond-Durchmesser, das stumpfe Ende voran, das spitze hinten. Orangefarbenes Licht, kein Schweif.

In Daressalam wurde am **17. Februar 1897** um 9^h 03^m p. m. (Mittl. Daressalamer Zeit) in SWzW in etwa 35° Höhe im Eridanus ein Meteor gesehen, das einen zweimal weiss aufschimmernden Dampfstreifen hinterliess. (Dr. Maurer.)

Digitized by Google

Digitized by Google

AUS DEM
ARCHIV DER DEUTSCHEN SEEWARTE.
XXIV. Jahrgang 1901.
Herausgegeben von der Direktion der Seewarte.

No. 4.

Untersuchung

über die

Aenderung der Temperatur-Koeffizienten *a* und *b*

bei Chronometern.

Von

Carl Rottok,
Korvetten-Kapitän a. D.

HAMBURG, 1901.

Gedruckt bei Hammerich & Lesser in Altona.

Digitized by Google

Digitized by Google

No. 4.

Untersuchung über die Aenderung der Temperatur-Koeffizienten *a* und *b*.

Von **Carl Bottok**, Korvetten-Kapitän a. D.

Im Anschluss an Untersuchungen über die Vor- bezw. Nachtheile der Anwendung von Temperatur-Korrektionen auf den Gang von Chronometern sind auf dem Chronometer-Observatorium, soweit das Material reicht, die Koeffizienten *a* und *b* zusammengestellt worden für sämtliche zu dem betreffenden Institut, sowie für einige der Werft zu Wilhelmshaven bezw. zu Danzig gehörige Chronometer behufs Gewinnung eines Urtheils über die Veränderungen, welche die betreffenden Koeffizienten im Laufe der Jahre erfahren haben, über den Einfluss dieser Aenderungen auf die tägliche Standbestimmung, sowie darüber, ob sich mit Hülfe derselben die Güte der Chronometer selbst beurtheilen lässt.

Ein richtiges Bild der Aenderung der Koeffizienten *a* und *b* kann sich nur ergeben, wenn die Chronometer unter gleichartigen Verhältnissen geprüft werden, wie dies der Fall ist bei der jeweiligen Untersuchung auf den Observatorien nach stattgefundener Reinigung der Chronometer; natürlich unter der Voraussetzung, dass bei der Reinigung an der Kompensation nichts geändert worden ist;[1]) [denn mit der Aenderung der Kompensation müssen sich auch *a* und *b* ändern] sowie dass keine Arbeiten vorgenommen worden sind, welche auf das Material einen Einfluss ausüben, als wie die Erneuerung der Spirale oder der Zugfeder.

Wird ein Chronometer vor Antritt der Reise und sofort nach Beendigung derselben untersucht, so ergiebt der Unterschied der Koeffizienten kein reines Bild der Aenderung der letzteren, da auf die zur Berechnung von *a* und *b* nöthigen Gangbestimmungen die störenden, unregelmässig wirkenden und unberechenbaren Kräfte als da sind: Staub, Schimmel, Rost, verdicktes Oel u. s. w. einen grossen Einfluss ausüben.

Die Temperatur-Koeffizienten werden aber nur durch den Einfluss der Temperatur auf das Material erzeugt, wie ja schon der Name Temperatur-Koeffizienten sagt; dementsprechend müssen alle andern Einflüsse ausgeschaltet werden, falls erkannt werden soll, ob die Einwirkung der Temperatur auf das Material eine andere geworden ist, welches wiederum nur durch eine Aenderung des Materials des Chronometers selber veranlasst worden sein kann.[2])

Wenn die Kompensation eine vollkommene, ideale wäre, so müsste für alle Temperaturen ein gleicher Gang erzielt werden; es wären dann keine Temperatur-Korrektionen nöthig. Da dies nie stattfindet, so

[1]) Bei der gewöhnlichen Reinigung der Chronometer wird in der That nichts an der Chronometer-Kompensation selbst geändert, nur, wenn der Gang verringert oder vergrössert werden muss, wird eine Aenderung der Stellung der Regulirschrauben veranlasst. Eine derartige Veränderung des Ganges ist aber ein so geringer Eingriff in den Mechanismus des Chronometers, dass dadurch die Koeffizienten *a* und *b* nicht geändert werden können.

[2]) Es ist der Einwurf erhoben worden, dass das Oel auch zum Material gehört und dass die durch die Verdickung des Oeles bewirkten Aenderungen auch als Veränderungen von *a* und *b* aufgefasst werden können. Die störenden Einflüsse des Oeles sind aber derartig, unkontrollirbare und ungleichmässige, dass von einer Betrachtung der Einwirkung dieses Materials, falls man Vergleiche anstellen will, ganz abgesehen werden muss. Es werden daher in dieser Abhandlung nur die Veränderungen untersucht, welche die Koeffizienten *a* und *b* durch eine Veränderung des Metallmaterials erleiden, das ist eben zur Zeit der Bestimmung der Temperatur-Koeffizienten kurz nach der Reinigung; also zu einer Zeit, wo angenommen werden muss, dass das Oel noch nicht dick geworden ist.

Es wäre für die Navigation von grosser Bedeutung, wenn festgestellt werden könnte, welche Veränderungen bei *a* und *b* während des Ganges der Chronometer durch solche Einflüsse entstehen, denen die Chronometer während des Gebrauches ausgesetzt sind, also mit anderen Worten die Gesamtänderungen von *a* und *b* nach längerem Gebrauch kennen zu lernen. Genügendes Material über das Verhalten von Δa und Δb in der Zeit zwischen den Reinigungen beizubringen, ist aber sehr schwierig, an Bord garnicht zu erhalten und daher auch nicht in genügender Menge vorhanden, sodass eine Bestimmung des Verhaltens der betreffenden Koeffizienten auf Grund solcher Art Material zur Zeit nicht möglich ist.

Digitized by Google

wurden zur möglichsten Erreichung des Ideals als eine Art Hülfskompensation die Temperatur-Koeffizienten a und b bestimmt und angebracht.

Gesetzt, dass die Kompensation sich nicht verändert hat, ein Fall, welchen wir bei dieser Arbeit annehmen, ebenso wie Caspari in seiner Preisschrift,[3]) so müsste sie mit der einmal bestimmten Hülfskompensation (a und b) stets gleich wirken, und es müssten sich daher bei einer neuen Untersuchung dieselben Grössen von a und b herausstellen. Ist dieses aber nicht der Fall, wie es in Wirklichkeit stets eintritt, so kann es nur daran liegen, dass sich das zur Anfertigung des Chronometers benutzte Metallmaterial, d. h. dessen Ausdehnungs- sowie Elastizitäts-Koeffizient, geändert hat, dass demnach die Temperatur auf dasselbe anders einwirkt, wie bei der früheren Untersuchung. Eine Aenderung des Materials führt somit eine Aenderung von a und b herbei.

Zur Ermöglichung des Vergleichs der jedesmaligen Aenderungen von a und b sind dieselben in der nachstehenden Tabelle I auf eine jährliche gebracht worden.[4])

[3]) Caspari sagt in seiner Preisschrift (Deutsche Ausgabe vom Jahre 1893, Seite 203): Man gehe immer von der Voraussetzung aus, dass, ausser bei ernsthafter Beschädigung, die Wirksamkeit der Kompensation mit der Zeit sich wenig verändert.

[4]) Die Division durch die Anzahl der Jahre ist unter der Annahme gemacht worden, dass die Aenderung von a und b in der Zeit zwischen beiden Beobachtungen nahezu gleichmässig vor sich gegangen ist. Ganz genau entspricht diese Annahme der Wirklichkeit nicht. Die Koeffizienten a und b schwanken im Laufe der Zeit unregelmässig auf und nieder, wie aus der Tabelle I hervorgeht, und ist es nicht anzunehmen, dass die Prüfungen immer gerade an dem Wendepunkte der Zu- oder Abnahme von a und b stattgefunden haben. Δa und Δb sind also nicht genau mit der Zeit proportional. Nach Berechnungen des Dr. Stechert hat Δb nach Verlauf eines Jahres sein Maximum bereits erreicht, sodass die durchschnittliche Periode jedenfalls kleiner als ein Jahr ist, während es bei Δa zweifelhaft ist, ob das Maximum nach einem Jahre schon erreicht sein wird; jedenfalls aber ist nach Ansicht des betreffenden Herrn die durchschnittliche Periode sehr wenig grösser als ein Jahr. Dementsprechend kann man ebenso gut schon am Ende des ersten Jahres nach der Prüfung dieselben Veränderungen von a und b erwarten, wie später; es wird also daher die angewandte Methode „die Aenderungen von a und b durch die Anzahl der Jahre zu dividiren" nur annähernd genau sein, wenn die Prüfung am Ende des ersten Jahres stattgefunden hat, ganz genau, wenn sie am Ende einer Periode abgehalten wurde. Da sich jedoch die durchschnittliche Länge der Periode sehr schwer feststellen lässt, es müssten dann wenigstens ein Jahr lang immer nach einigen Monaten Neubestimmungen der Koeffizienten unternommen werden, so ist der hier getroffene Ausweg gewählt worden, der immerhin, wenn er auch theoretisch ein nicht ganz genaues Ergebniss zeitigt, so doch für die Praxis einen genügend genauen Anhalt ergiebt und auf dem andern Wege, vielleicht mit Hülfe der Wahrscheinlichkeitsrechnung, auch keine präzisen Daten erreicht werden.

Tab. I.

Anmerkung:

In den Fällen, in welchen die vierte Dezimalstelle von a und b nicht berechnet war, ist eine Null hinzugefügt worden.
Die grösste jährliche Veränderung von a bezw. b ist durch fetten Druck [**00**] hervorgehoben.
Die kleinste jährliche Veränderung von a bezw. b ist durch halbfetten Druck [**00**] bezeichnet.
Die grösste aber nicht benutzbare jährliche Veränderung von a bezw. b ist durch Cursiv-Schrift [*00*] bezeichnet.
Der Aufenhaltsort in den Tropen ist durch fetten Druck hervorgehoben.

Lfd. No.	M No.	Fabrik-No.	Verfertiger	Art der Kompensation	Wann angekauft?	Jahr der Prüfung	Klasse	Koeffizienten a	Koeffizienten b	Jährliche Veränderung der Koeffizienten Δa	Jährliche Veränderung der Koeffizienten Δb	Aufenthaltsort der Chronometer während der Veränderung	Bemerkung
1	2	3386	Frodsham	gewöhnl. Kompensation	? 1876	1878		−0.0520	+0.0170	—	—	Ost- u. Nordsee	
						79/80		− .1428	+ .0152	−0.0908	−0.0022	»	
						80/81		− .0211	+ .0164	**+0.1217**	+ .0012	»	
						81/82		− .0223	+ .0042	**−0.0012**	**−0.0122**	»	
						83/84	II	− .1150	+ .0080	− .0464	+ .0029	»	
						85/86	I	− .0900	+ .0078	+ .0145	**−0.0001**	»	
						86/87	I	− .0380	+ .0053	+ .0520	− .0025	»	
						90/91	II	− .0970	+ .0045	− .0148	− .0002	»	
						92/93	II	− .0300	+ .0110	+ .0285	+ .0033	»	
						95/96	III	+ .0780	+ .0050	+ .0360	− .0020	»	* nach Spitz
						99/00*	IV	+ .1130	+ .0130	+ .0088	+ .0020	»	
2	3	169	Eppner	?	?	95/96	III	−0.0430	+0.0120	—	—	**Ostasien**	
						98/99	III	− .0780	+ .0150	−0.0117	+0.0010		

Digitized by Google

M No.	Fabrik-No.	Verfertiger	Art der Kompensation	Wann angekauft?	Jahr der Prüfung	Klasse	Koeffizienten *a*	Koeffizienten *b*	Jährliche Veränderung der Koeffizienten Δa	Jährliche Veränderung der Koeffizienten Δb	Aufenthaltsort der Chronometer während der Veränderung	Bemerkungen
6	149	Eppner	gewöhnl. Kompensation	?	79/80		+0.2635	+0.0220	—	—	?	
					80/81		+ .2474	+ .0136	−0.0161	−0.0084	?	
					81/82		+ .2972	+ .0041	**+0.0496**	**−0.0095**	**Südsee**	
					90/91	III	− .1390	+ .0130	− .0436	+ .0089	»	
					93/94	II	− .1410	+ .0130	**−0.0007**	**0**	**Ostafrika**	
					96/97	II	− .1170	+ .0130	+ .0080	0	»	
10	1894	Knoblich	gewöhnl. Kompensation	? XII. 1876	?		+0.0550	+0.0090	—	—	Ost- u. Nordsee	
					84/85	IV	+ .0326	+ .0087	—	—	»	
					85/86	II	− .0044	+ .0079	−0.0370	−0.0008	»	
					88/89	III	+ .0840	+ .0080	+ .0281	**+0.0001**	»	
					89/90	II	+ .0320	+ .0100	− .0520	+ .0020	»	
					91/92	IV	+ .1740	+ .0020	**+0.0710**	**−0.0040**	»	
					93/94	IV	+ .1970	+ .0090	+ .0115	+ .0035	»	* zum Sternzeit-Chronom. geändert
					97/98*	IV	+ .1650	+ .0060	**−0.0080**	− .0008	»	
15	159	Eppner	gewöhnl. Kompensation	? XII. 1876	76/77		+0.1690	+0.0100	—	—	Ost- u. Nordsee	
					77/78		+ .1520	+ .0140	−0.0170	+0.0040	»	
					78/79		+ .1160	+ .0140	− .0360	**0**	»	
					80/81		+ .1590	+ .0090	+ .0215	− .0025	»	
					84/85		+ .1040	+ .0100	− .0113	+ .0003		
					87/88		+ .1180	+ .0240	**+0.0047**	+ .0047		
					89/90	IV	+ .2210	+ .0100	+ .0515	**−0.0070**		
					90/91	IV	+ .2080	+ .0130	− .0130	+ .0030		
					95/96	II	− .1220	+ .0120	**−0.0660**	− .0002	Ostsee	
					97/98	II	− .1630	+ .0170	− .0205	+ .0025	**Ostafrika**	
					99/00*	II	− .1200	+ .0120	+ .0215	− .0025		* neue Zugfeder
18	190	Eppner	gewöhnl. Kompensation	? XII. 1876	1877		−0.1990	+0.0230	—	—		
					84/85		− .0290	+ .0070	+0.0213	−0.0020		
					87/88	III	+ .0440	− .0030	+ .0243	− .0033	Ost- u. Nordsee	
					90/91	III	− .0350	+ .0050	− .0263	+ .0027	»	
					94/95	IV	− .0060	+ .0080	**+0.0073**	**+0.0008**	»	
					96/97	III	− .0870	+ .0170	**−0.0405**	**+0.0045**	»	
					98/99*	III	+ .0110	+ .0110	*+0.0490*	− .0030	**Ostafrika**	* neue Spirale erhalten
20	177	Eppner	gewöhnl. Kompensation	? XII. 1876	1877*		−0.2270	+0.0180	—	—		* neue Zugfeder erhalten
					81/82*		+ .0940	+ .0170	*+0.0642*	−0.0002		
					85/86	II	− .1030	+ .0110	− .0493	− .0015		
					87/88	II	− .0990	+ .0070	**+0.0020**	**−0.0020**	**Ostafrika**	
					90/91	II	− .0550	+ .0110	+ .0147	+ .0013	**Südsee**	
					93/94	II	− .1640	+ .0140	− .0363	− .0010	Ost- und Nordsee, Mittelmeer	
					96/97	III	− .0520	+ .0140	**+0.0373**	**0**	**Westindien**	
25	186	Eppner	gewöhnl. Kompensation	? XII. 1876	?		−0.0300	+0.0080	—	—		
					85/86	II	− .0150	+ .0110	+	+		
					89/90	III	+ .0300	+ .0130	**+0.0113**	**+0.0005**	Ost- u. Nordsee	
					90/91	II	+ .0880	+ .0080	+ .0580	**−0.0050**	»	
					92/93	II	− .0810	+ .0140	**−0.0845**	+ .0030	Mittelmeer	
					95/96	II	+ .0130	+ .0120	+ .0347	− .0007		
30	301	Tiede	gewöhnl. Kompensation	? XII. 1876	?		+0.0120	+0.0060	—	—	Ost- u. Nordsee	ausrangirt, da zweimal in den Jahren 93 u. 94 durchgefallen
					?		+ .0200	+ .0050	+	−		
					84/85	III	− .1870	+ .0110	−	+		
					87/88	III	− .0140	+ .0140	+0.0577	+0.0010		
					88/89	II	− .0870	+ .0150	**−0.0730**	**+0.0010**	**Ostafrika, Südsee**	

Digitized by Google

Lfd. No.	M No.	Fabrik-No.	Verfertiger	Art der Kompensation	Wann angekauft?	Jahr der Prüfung	Klasse	Koeffizienten a	Koeffizienten b	Jährliche Veränderung der Koeffizienten Δa	Jährliche Veränderung der Koeffizienten Δb	Aufenthaltsort der Chronometer während der Veränderung	Bemerkungen
10	34	381	Tiede	gewöhnl. Kompensation	? XII. 1876	76/77		+0.3390	+0.0500	—	—	Nordsee	* Jedenfalls neu umkompensirt, da von 1879–81 bei Tiede in Berlin, aus diesem Grunde sind +0.3390 und +0.0500 als grösstes a bez. b
						81/82*		− .0620	+ .0100	*−0.0802*	*−0.0080*	Ost- u. Nordsee	
						82/83		− .0210	+ .0060	**+0.0420**	**−0.0040**		
						85/86	II	+ .0130	+ .0050	+ .0313	**−0.0003**		
						89/90	IV	+ .1450	+ .0130	+ .0330	+ .0020		
						92/93	IV	+ .0600	+ .0120	− .0283	− .0003		
						96/97	II	− .0890	+ .0140	− .0373	+ .0005	Ost- u. Nordsee	
						98/99	II	− .1140	+ .0120	**−0.0175**	− .0010		
11	36	31	Eppner	gewöhnl. Kompensation	XII. 1876	?		−0.2180	+0.0060	—	—		
						91/92	I	− .1450	+ .0210	+	+		
						94/95	IV	− .0390	+ .0110	**+0.0353**	**−0.0033**		
						97/98	II	− .0720	+ .0130	**+0.0110**	**+0.0007**		
12	41	163	Eppner	gewöhnl. Kompensation	? 1876	76/77		−0.0340	+0.0110	—	—	Ost- u. Nordsee	
						77/78		− .0480	+ .0120	−0.0140	+0.0010	»	
						79/80		+ .0020	+ .0050	+ .0500	− .0070	»	
						82/83*		− .3990	+ .0110	*−0.1337*	+ .0020	»	
						86/87	III	− .1940	+ .0200	+ .0513	+ .0023	»	
						89/90	II	− .0410	+ .0210	+ .0510	+ .0003	»	
						90/91	III	− .1380	+ .0100	**−0.0970**	**−0.0110**	»	
						92/93	II	− .0640	+ .0070	+ .0370	**−0.0015**	»	
						95/96	III	− .0780	+ .0130	**−0.0047**	+ .0020		* neue Zu
						98/99	III	− .1400	+ .0120	− .0207	− .0053		feder erha
13	44	155	Eppner	gewöhnl. Kompensation	IX. 1877	76/77		−0.0250	+0.0200	—	—		
						77/78		+0.0620	+0.0100	**+0.0670**	**−0.0100**	**Südsee**	
						81/82		+0.0620	+0.0110	**0**	+ .0003		
						89/90	IV	+0.1160	+0.0110	+0.0068	**0**	Observatorium	
						90/91*	IV	+0.1620	+0.0120	+0.0460	+ .0020	»	* neue Zugfe
						93/94	IV	+0.1170	+0.0150	−0.0150	+ .0010	»	Sehr mittelmä
						96/97†	IV	+0.0530	+0.0140	−0.0213	− .0003	»	Gänge, zeitweis
													deutende Sprü
													ohne bekan
													Ursache.
													† Sternzeit-C
14	45	188	Eppner	gewöhnl. Kompensation	?	76/77		−0.0510	−0.0030	—	—		* war 1879–8
						88/89*	durchgefallen	+ .6430	+ .0190	+0.0578	+0.0018	Navigationsschule Danzig	184–85 beim
						89/90†		+ .2130	+ .0220	**−0.4300**	**+0.0030**		macher, jeden
													umkompensi
													† Beobachtu
													Chronomete
15	48	303	Tiede	gewöhnl. Kompensation	XII. 1876	?		−0.3500	+0.0100	—	—	Ost- u. Nordsee	
						?		− .1020	+ .0100	+	**0**	»	
						?		− .1850	+ .0250	−	+	»	
						87/88	III	− .1610	+ .0140	+	−	»	
						89/90	II	− .0650	+ .0080	+0.0480	**−0.0030**	**Westindien**	* neue Z
						91/92	III	− .1080	+ .0140	− .0215	+ .0030	**Südsee**	feder u. K
						95*	IV	− .1440	+ .0220	− .0120	+ .0027	Ost- u. Nordsee	erhalten
						97/98	III	− .1300	+ .0170	**+0.0047**	− .0017		Unregelmäs
						98/99	IV	− .1830	+ .0160	**−0.0530**	− .0010		Gänge.
16	50	358	Tiede	gewöhnl. Kompensation	XII. 1876	76/77		−0.2120	+0.0140	—	—	**Ostasien**	
						?		0	0	+	−		
						90/91	II	− .0770	+ .0110	−	+	Ost- u. Nordsee	
						92/93	II	− .0810	+ .0100	**−0.0020**	−0.0005	**Südsee**	
						95/96	III	− .0380	+ .0090	+0.0143	**−0.0003**	Ost- u. Nordsee	
						98/99	II	− .0950	+ .0110	**−0.0190**	**+0.0007**		

Digitized by Google

M No.	Fabrik-No.	Verfertiger	Art der Kompensation	Wann angekauft?	Jahr der Prüfung	Klasse	Koeffizienten *a*	Koeffizienten *b*	Jährliche Veränderung der Koeffizienten Δ*a*	Jährliche Veränderung der Koeffizienten Δ*b*	Aufenthaltsort der Chronometer während der Veränderung	Bemerkungen
51	74	Knoblich	gewöhnl. Kompensation	1874	?		−0.0420	+0.0080	—	—	**Um die Welt**	
					?		− .1600	+ .0230	−	+	Mittelmeer	
					?		− .0960	+ .0140	+	−	**Westafrika**	
					89/90	IV	− .0490	+ .0230	−	+	Ost. u. Nordsee	* ausrangirt, Beobachtungs Chronometer
					90/91*	III	+ .0920	+ .0070	**+0.1410**	**−0.0160**		
52	557	Nieberg	gewöhnl. Kompensation	? VII. 1881	76/77		−0.0990	+0.0010	—	—	**Um die Welt**	
					83/84		− .3780	+ .0240	−0.0399	+0.0033	**Ostafrika**	
					87/88		− .1360	+ .0110	**+0.0605**	− .0033	Ost- u. Nordsee	
					89/90	II	− .1520	+ .0160	**−0.0130**	+ .0025	Ostsee	
					92/93	III	+ .0130	+ .0060	+ .0550	**−0.0033**	Mittelmeer	
					95/96	III	− .0440	+ .0130	− .0190	+ .0023	»	
					97/98	III	− .1530	+ .0170	− .0545	**+0.0020**		
55	153	Eppner	gewöhnl. Kompensation	XII. 1876	76/77		−0.0590	+0.0180	—	—		
					78/79		− .0430	+ .0130	+0.0080	**−0.0075**		
					79/80		+ .0670	+ .0090	**+0.1100**	− .0040		
					88/89		+ .0910	+ .0110	**+0.0027**	**+0.0002**		
					93/94	III	− .0260	+ .0100	− .0234	− .0002	Ostsee	
					96/97	II	− .0880	+ .0090	− .0307	− .0003	Ost- u. Nordsee	
56	265	Tiede	gewöhnl. Kompensation	XII. 1876	89/90	II	−0.0820	+0.0110	—	—	Ost- u. Nordsee	
					92/93	III	− .1350	+ .0110	**−0.0177**	0	**Westindien**	
					95/96	II	+ .0690	+ .0030	**+0.0680**	−0.0027	**Ostasien**	
					98/99	IV	− .1300	+ .0160	− .0663	**+0.0043**		
57	368	Tiede	gewöhnl. Kompensation	XII. 1876	76/77[1]	I	−0.1570	+0.0200	—	—	**Südsee**	[1] neue Spiralfeder erhalten
					81/82		− .3260	+ .0250	−0.0338	+0.0010	**Westindien**	[2] ist nach *zt. regulirt
					83/84	I	− .0780	+ .0060	**+0.1290**	**−0.0095**	**Westafrika**	[3] ist nach mittl. Zeit regulirt.
					88/89	III	− .0340	+ .0170	**+0.0088**	+ .0022		
					91/92[2]	IV	− .0700	+ .0210	− .0120	+ .0013		
					96/97[3]	IV	− .2920	+ .0180	− .0444	**−0.0006**		
					98/99	IV durchgefallen	− .2480	+ .0230	+ .0220	+ .0025		seit V. 98 Beobachtungs-Chr.
58	2076	Seevill	gewöhnl. Kompensation	XII. 1876	76/77*		−0.0840	+0.0120	—	—		* neue Spirale erhalten
					78/79		− .1340	+ .0080	−0.0250	−0.0020	**Südamerika**	
					81/82		− .2660	+ .0140	− .0440	+ .0020	**Südsee**	
					87/88	III	− .2510	+ .0130	**+0.0015**	**−0.0002**	Ostsee	
					93/94	IV	− .4610	+ .0010	− .0350	− .0020		
					96/97	IV	− .2160	+ .0160	**+0.0817**	**+0.0050**		† V. 99 nach *zt. regulirt
					97/98†	IV	− .2710	+ .0140	− .0550	− .0020	Ost- u. Nordsee	
62	26	Eppner	gewöhnl. Kompensation	XII. 1876	1877		−0.0130	+0.0080	—	—	Ostsee	
					1878		+ .0160	+ .0090	**+0.0030**	+0.0010		
					1880		+ .1440	+ .0030	+ .0640	− .0030	Ost- u. Nordsee	
					1881		+ .0070	+ .0110	**−0.1370**	**+0.0080**	»	
					1882		+ .1050	+ .0160	+ .0980	+ .0050		
					94/95	II	− .1050	+ .0100	− .0162	**−0.0005**		
					96/97	IV	− .2570	+ .0120	− .0760	+ .0010	»	
					98/99	IV	+ .2860	+ .0070	− .0145	− .0025	»	
64	1834	Knoblich u. Dencker	gewöhnl. Kompensation	XII. 1876	76/77		−0.0870	+0.0060	—	—	**Ostasien**	
					81/82		− .1420	+ .0240	−0.0110	+0.0036	Ost- u. Nordsee	
					88/89	IV	− .0690	+ .0110	**+0.0104**	− .0019	»	
					90/91	III	+ .0340	+ .0090	+ .0515	**−0.0010**	»	
					92/93	IV	− .1000	+ .0170	**−0.0670**	**+0.0040**	»	
					95/96		− .1610	+ .0140	− .0203	− .0010		
					98/99	II	− .0600	+ .0080	+ .0337	− .0030		

Digitized by Google

Lfd. No.	M No.	Fabrik-No.	Verfertiger	Art der Kompensation	Wann angekauft?	Jahr der Prüfung	Klasse	Koeffizienten		Jährliche Veränderung der Koeffizienten		Aufenthaltsort der Chronometer während der Veränderung	Bemerkung
								a	*b*	Δ*a*	Δ*b*		
25	68	96	Petersen	?	VII 1883	82/83	I	−0.0060	+0.0010	—	—		
						?	I	− .0180	+ .0014	—	+	**Ostasien**	
						87/88	III	− .2000	+ .0049	−0.0412	+0.0008		
						92/93	II	+ .0108	+ .0062	**+0.0422**	+ .0013	**Westindien**	
						95/96	II	+ .0830	− .0060	+0.0241	**−0.0041**	Ost- u. Nordsee	
						98/99	II	− .0190	+ .0060	− .0340	+ .0040	»	
26	69	160	Eppner	gewöhnl. Kompensation	XII. 1877	79/80		+0.2950	+0.0140	—	—	Ostsee	
						81/82		+ .0850	+ .0270	−0.1050	**+0.0065**	»	
						88/89	II	+ .3990	+ .0140	+ .0449	**−0.0019**	Ost- u. Nordsee	
						93/94		− .1470	0	**−0.1092**	− .0028	»	
						96/97	III	− .0360	+ .0170	**+0.0370**	+ .0057	»	
27	75	166	Eppner	gewöhnl. Kompensation	XII. 1876	75/76		−0.0580	+0.0170	—	—		
						77/78		− .0380	+ .0130	+0.0100	−0.0020	**Südamerika**	
						82/83		+ .0320	+ .0110	+ .0140	− .0004		
						85/86		+ .0130	+ .0130	**−0.0063**	+ .0007	Ostsee	
						88/89	III	+ .1270	+ .0120	**+0.0380**	**−0.0003**	Nord- u. Ostsee	
						91/92	IV	+ .0340	+ .0150	− .0310	**+0.0010**	»	
						94/95	IV	+ .0930	+ .0120	+ .0197	− .0010		
						97/98*	IV	+ .0620	+ .0140	− .0103	+ .0007		* V. 99 na Sternzeit r gulirt
28	78	306	Tiede	gewöhnl. Kompensation	XII. 1876	80/81		−0.2340	+0.0120	—	—		
						81/82		− .2930	+ .0160	**−0.0590**	**+0.0040**		
						89/90	III	− .0320	+ .0170	+ .0323	**+0.0001**		
						94/95	III	+ .0350	+ .0090	+ .0134	− .0016		
						97/98*	IV	+ .0720	+ .0120	+ .0123	+ .0010	**Südsee**	* neue Zu feder erhalt
						98/99	IV	+ .0670	+ .0130	**−0.0050**	+ .0010	Ostsee	
29	79	332	Tiede	gewöhnl. Kompensation	XII. 1876	81/82		+0.0420	+0.0070	—	—		
						85/86		+ .1540	+ .0010	+0.0280	−0.0015	Mittelmeer	
						91/92	II	+ .1700	+ .0130	**+0.0027**	**+0.0020**	**Westindien**	
						94/95	II	− .1290	+ .0130	**−0.0997**	**0**	Ost- u. Nordsee	
						97/98	III	− .1140	+ .0180	+ .0050	+ .0017	»	
30	82	151	Eppner	gewöhnl. Kompensation	XII. 1876	75/76		−0.0580	+0.0030	—	—		
						79/80		+ .0050	+ .0070	**+0.0158**	+0.0010		
						88/89		+ .4860	+ .0270	+ .0534	+ .0022	Ostsee	
						90/91	III	− .0880	+ .0200	− .2870	**−0.0035**	»	
						93/94	IV	− .3200	+ .0130	− .0771	− .0023		
						95/96	IV	− .3830	+ .0140	− .0365	**+0.0005**		
						96/97	IV	− .0710	+ .0170	**+0.3120**	+ .0030		
						98/99	III	− .1640	+ .0140	− .0465	− .0015		
31	83	157	Eppner	gewöhnl. Kompensation	XII. 1876	75/76		−0.0140	+0.0150	—	—		
						77/78		+ .0120	+ .0140	+0.0130	−0.0005		
						78/79		+ .0770	+ .0070	+ .0650	**−0.0070**		
						80/81		+ .0070	+ .0130	− .0350	+ .0070	Ost- u. Nordsee	
						81/82		+ .0279	+ .0080	+ .0200	− .0050	»	
						82/83		+ .0273	+ .0068	**−0.0006**	− .0012		
						85/86		+ .0850	+ .0013	+ .0192	− .0018		
						89/90	III	+ .0930	+ .0080	+ .0020	**+0.0001**	»	
						92/93	IV	+ .0110	+ .0120	− .0273	+ .0013	**Ostafrika**	
						95/96	IV	+ .1310	+ .0080	+ .0400	− .0013		
						97/98	IV	− .0300	+ .0110	**−0.0805**	+ .0015		

Digitized by Google

d.	*M* No.	Fabrik-No.	Verfertiger	Art der Kompensation	Wann angekauft?	Jahr der Prüfung	Klasse	Koeffizienten *a*	Koeffizienten *b*	Jährliche Veränderung der Koeffizienten Δa	Jährliche Veränderung der Koeffizienten Δb	Aufenthaltsort der Chronometer während der Veränderung	Bemerkungen
2	84	162	Eppner	?	? XII. 1876	74		+0.1240	+0.0090	—	—	**Atlantik**	
						75/76		+ .0540	+ .0160	**−0.0350**	+0.0035	Ost- u. Nordsee	
						78		+ .1010	+ .0110	+ .0235	− .0025	»	
						?		− .2750	+ .0320	−	+	»	
						?		− .1660	+ .0180	+	−	»	
						85/86	II	+ .0346	+ .0087	+	−	Nordsee	
						90/91	III	− .1316	− .0112	− .0332	**−0.0040**	»	
						92/93	III	− .1640	+ .0150	**−0.0162**	+ .0131	»	
						95/96	III	− .0660	+ .0090	+ .0327	**−0.0020**	**Australien**	
						98/99	IV	− .1280	+ .0150	− .0207	+ .0020		
3	85	279	Tiede	gewöhnl. Kompensation	IX. 1877	76/77		+0.0220	+0.0060	—	—		[1] wurde nach Sternzt. regul. [2] wurde nach mittlerer Zeit regulirt. [3] wurde nach Sternzt. regul.
						77/78		+ .1350	+ .0100	**+0.1130**	+0.0044	**Ostasien**	
						82/83		+ .0880	+ .0080	− .0094	− .0004		
						83/84	IV	− .0130	+ .0120	− .1010	+ .0040		
						89/90[1]		+ .0810	+ .0140	+ .0157	+ .0003	**Ostasien, Südsee**	
						93/94[2]		− .1240	+ .0150	− .0512	**−0.0002**	Ost- u. Nordsee	
						95/96[3]	III	− .1410	+ .0020	**−0.0085**	**−0.0065**	»	
4	87	369	Tiede	gewöhnl. Kompensation	XII. 1876	77/78		−0.0830	+0.0160	—	—	Ostsee	
						79/80		+ .0240	+ .0120	+0.0535	−0.0020	Ost- u. Nordsee	
						83/84		+ .0840	+ .0040	+ .0150	− .0020	»	
						85/86	III	− .1570	+ .0120	− .1205	+ .0040	»	
						88/89	III	− .1130	+ .0020	+ .0147	− .0033	»	
						89.90	III	− .1410	+ .0100	− .0280	+ .0080	»	
						91/92	III	− .1660	+ .0070	**−0.0125**	**−0.0015**		
						93/94	IV	+ .1540	+ .0270	**+0.1600**	**+0.0100**		
						96/97	IV	− .3080	+ .0140	− .1540	− .0043		
						98/99	IV	− .2090	+ .0060	+ .0495	− .0040		
5	88	172	Eppner	gewöhnl. Kompensation	? 1876	76/77		+0.0810	−0.0130	—	—		
						84/85	III	− .1040	+ .0070	−0.0231	+0.0025		
						87/88		− .0450	+ .0080	+ .0197	**+0.0003**		
						88/89		− .0340	+ .0020	**+0.0110**	− .0060		
						89/90	IV	− .0690	+ .0160	**−0.0350**	**+0.0140**		
						93/94	II	− .0170	+ .0040	+ .0130	− .0030		
6	92	355	Tiede	gewöhnl. Kompensation	XII. 1876	75/76		−0.1710	+0.0250	—	—		
						76/77		− .2350	+ .0160	**−0.0640**	**−0.0090**		
						83/84		− .0800	+ .0060	+ .0221	− .0014	Südsee, China, Ostafrika	
						86/87		− .1140	+ .0140	− .0447	+ .0027	Mittelmeer	
						89/90	II	− .0850	+ .0060	+ .0097	− .0027	Ost- u. Nordsee	
						92/93		− .1690	+ .0090	− .0280	+ .0010	»	
						95/96		− .1300	+ .0060	+ .0130	**−0.0010**	»	
						98/99	IV	− .1100	+ .0070	**+0.0067**	+ .0030	»	
7	93	302	Tiede	gewöhnl. Kompensation	1876	75/76		−0.4080	+0.0190	—	—		
						82/83		+ .2170	− .0200	**+0.0893**	**−0.0056**	Ostsee	
						85/86	III	− .1880	+ .0100	− .0097	+ .0033	Ost- u. Nordsee	
						89/90	III	− .2340	+ .0140	− .0115	+ .0010	»	
						95/96	IV	− .2110	+ .0110	+ .0018	− .0005		
						98/99	III	− .2130	+ .0120	**−0.0007**	**+0.0003**		

Digitized by Google

Lfd. No.	M No.	Fabrik-No.	Verfertiger	Art der Kompensation	Wann angekauft?	Jahr der Prüfung	Klasse	Koeffizienten a	Koeffizienten b	Jährliche Veränderung der Koeffizienten Δa	Jährliche Veränderung der Koeffizienten Δb	Aufenthaltsort der Chronometer während der Veränderung	Bemerkungen
38	96	1387	Cox	gewöhnl. Kompensation	? 1876	75/76		−0.1660	+0.0230	—	—		
						76/77		− .1450	+ .0110	+0.0210	**−0.0120**		
						78/79		− .1500	+ .0090	**−0.0025**	**−0.0010**		
						79/80		− .2100	+ .0110	− .0600	+ .0020		
						80/81	IV	− .1400	+ .0080	+ .0500	− .0030		
						82/83		− .1490	+ .0010	− .0045	− .0035		
						84/85		− .0600	+ .0030	+ .0445	+ .0010		
						86/87		+ .2570	0	**+0.1585**	− .0015		
						88/89		+ .0720	+ .0180	− .0925	+ .0090		* Seit XI. Beobachtun Chronome
						93/94*	III	− .0200	+ .0120	− .0184	− .0012		
39	97	1500	Cox	gewöhnl. Kompensation	XII. 1876	77		−0.1430	+0.0010	—	—		
						80		− .1870	+ .0090	−0.0147	+0.0027		
						83		− .1420	+ .0078	+ .0150	− .0004	**Westindien**	
						88/89		− .1997	+ .0053	− .0096	**−0.0004**		
						89/90	III	− .1750	+ .0130	**+0.0247**	**+0.0077**	Ostsee	
						92/93	III	− .1590	+ .0090	+ .0053	− .0013	**Ostafrika**	
						97/98	III	− .1710	+ .0130	**−0.0024**	+ .0006	**Westindien**	
40	100	313	Tiede	?	I. 1877	81/82		−0.0370	+0.0110	—	—		
						86/87		− .9110	+ .0158	−0.1748	+0.0010		
						90/91	III	+ .0950	+ .0120	**+0.2515**	− .0010		
						93/94	IV	+ .0780	+ .0120	**−0.0057**	0		
						96/97	IV	+ .1350	+ .0180	+ .0190	**+0.0020**		
41	101	204	Tiede	?	I. 1877	82		−1.2750*	+0.0750*	—	—		
						87/88		−0.0546	+ .0161	**+0.2102**	−0.0098		
						90/91	III	+ .0430	+ .0150	+ .0325	− .0004		
						93/94	III	+ .1410	+ .0150	**+0.0323**	0		* jedenfal falsche Koeffizien
						96/97	III	− .0880	+ .0190	− .0763	**+0.0147**		
42	103	1842	Knoblich	gewöhnl. Kompensation	?	90/91	III	−0.0370	+0.0110	—	—		
						91/92	IV	− .2130	+ .0150	**−0.1760**	**+0.0040**		
						93/94	IV	− .2130	+ .0160	0	**+0.0005**		
						97/98	IV	− .2200	+ .0180	− .0018	+ .0005		
43	104	1835	Knoblich u. Dencker	gewöhnl. Kompensation	?	77/78		−0.0340	+0.0080	—	—		
						78/79		− .1190	+ .0130	−0.0850	**+0.0050**		
						79/80		− .0540	+ .0080	+ .0650	− .0050		
						81/82		− .1010	+ .0100	− .0235	+ .0010		
						85/86	II	+ .0453	+ .0088	+ .0366	**−0.0003**		
						88/89		+ .1780	+ .0120	+ .0442	+ .0017		
						90/91	IV	+ .1100	+ .0090	− .0340	− .0015		
						93/94	IV	− .1640	+ .0190	**−0.0913**	+ .0033		
						97/98	IV	− .1880	+ .0160	**−0.0060**	− .0008		
44	105	1836	Knoblich	gewöhnl. Kompensation	XII. 1876	77/78		−0.0160	+0.0050	—	—	**Westindien**	
						81/82		− .0400	− .0200	−0.0060	**−0.0063**		
						89/90	III	− .1800	+ .0160	− .0175	+ .0045	Ostsee	
						94/95		− .1890	+ .0160	**−0.0018**	0	Ost- u. Nordsee	
						97/98	III	− .2580	+ .0150	**−0.0230**	− .0003		
45	106	392	Tiede	gewöhnl. Kompensation	?	78/79		−0.0800	+0.0110	—	—		
						83/84		− .0790	− .0040	**+0.0002**	**−0.0030**		
						91/92	IV	− .0940	+ .0150	− .0019	+ .0024	Ost- u. Nordsee	
						94/95	III	− .0380	+ .0140	**+0.0187**	**−0.0003**	»	
						97/98	III	− .1170	+ .0180	− .0070	+ .0013	**Südsee**	

Digitized by Google

M No.	Fabrik-No.	Verfertiger	Art der Kompensation	Wann angekauft?	Jahr der Prüfung	Klasse	Koeffizienten		Jährliche Veränderung der Koeffizienten		Aufenthaltsort der Chronometer während der Veränderung	Bemerkungen
							a	*b*	Δ *a*	Δ *b*		
109	1904	Knoblich	gewöhnl. Kompensation	?	1880		−0.0883	+0.0114	—	—		
					1883		+ .0358	+ .0049	+0.0414	−0.0022		
					1885*		+ .0258	+ .0055	− .0050	+ .0003		* neue Feder
					86/87	III	+ .0630	+ .0003	+ .0186	− .0026		
					1888	I	− .0057	+ .0055	**−0.0687**	**+0.0052**		
					94/95	IV	− .0543	+ .0190	**−0.0069**	**+0.0019**		
					97/98	IV	− .0130	+ .0110	+ .0138	− .0027		
110	1	Lange und Söhne	Hülfs-Kompensation	VI. 1892	91/92	II	−0.0162	+0.0056	—	—		
					93/94	I	− .0460	+ .0040	−0.0149	−0.0008	Nordamerika	
					95/96*		+ .0070	+ .0080	+ .0265	+ .0020	Ost- u. Nordsee	* neue Spiralfeder
					96/97	II	− .0090	+ .0080	**−0.0160**	**0**		
					97/98	I	− .0550	+ .0040	**−0.0460**	**−0.0040**		
					99/00	II	+ .1030	+ .0070	*+0.0790*	+0.0016		
111	197	Eppner	gewöhnl. Kompensation	1877	76/77		+0.1180	−0.0040	—	—		
					78/79		+ .0550	+ .0100	−0.0315	**+0.0070**	**Südsee**	
					84/85		+ .1740	− .0160	+ .0198	− .0043	**Ostasien, Ostafrika**	
					89/90	IV	+ .1000	+ .0080	**−0.0148**	+ .0048		
					92/93		+ .2670	+ .0010	**+0.0557**	− .0023	Ost- u. Nordsee	
					95/96		+ .1260	+ .0010	− .0470	**0**	»	
					97/98		+ .0200	+ .0010	− .0530	0	»	
112	199	Eppner	gewöhnl. Kompensation	XII. 1876	76/77		−0.0080	+0.0030	—	—		
					78/79		+ .0800	+ .0080	+0.0440	+0.0025	**Westindien**	
					83/84		− .1510	+ .0080	− .0562	**0**		
					85/86	III	+ .0170	− .0030	+ .0840	**−0.0055**	Ost- u. Nordsee	
					87/88		− .0700	+ .0070	− .0435	+ .0050	**Ostafrika**	
					89/90		− .2560	+ .0100	**−0.0930**	+ .0015		
					92/93	IV	− .0950	+ .0080	+ .0537	− .0007	Ost- u. Nordsee	
					95/96		− .1120	+ .0160	− .0057	+ .0027	»	
					96/97		− .1100	+ .0120	+ .0020	− .0040		
					98/99	II	− .1110	+ .0100	**−0.0070**	− .0020		
116	168	Eppner	?	XI. 1877	77/78		+0.0240	+0.0060	—	—		
					79/80		+ .0610	+ .0070	**+0.0185**	**+0.0005**	Ost- u. Nordsee	
					82/83		− .0030	+ .0050	− .0213	− .0007		
					85/86	III	− .1160	+ .0120	− .0377	+ .0023	**Südsee, Ostafrika**	
					88/89	IV	− .0490	+ .0180	+ .0223	**+0.0053**		
					91/92*		+ .0580	+ .0170	+ .0357	− .0003	**Südsee**	* 92 nach Stzt. regulirt
					97/98†	III	− .1940	+ .0140	**−0.0420**	− .0005	**Ostasien**	† 97 nach mittl. Zt. regulirt
120	779	Bröcking	Hülfs-Kompensation für Kälte u. Wärme	II. 1878	1877		+0.1040	−0.0078	—	—	Nordsee	
					1879		− .0020	+ .0030	−0.0530	**+0.0054**	**Westindien**	
					1883		− .0060	− .0040	**−0.0010**	− .0018	Ost- u. Nordsee	
					1885		+ .1060	+ .0030	+ .0560	+ .0035	**Westindien**	
					88/89	I	− .0060	− .0010	− .0280	− .0010	Mittelmeer	
					91/92	I	− .0160	− .0010	− .0073	**0**	**Westindien**	
					94/95	III	+ .1400	+ .0050	+ .0520	+ .0020	**Südsee**	
					96/97	II	+ .0260	+ .0010	**−0.0570**	− .0020	**Südsee**	

Digitized by Google

Lfd. No.	M No.	Fabrik-No.	Verfertiger	Art der Kompensation	Wann angekauft?	Jahr der Prüfung	Klasse	Koeffizienten		Jährliche Veränderung der Koeffizienten		Aufenthaltsort der Chronometer während der Veränderung	Bemerkungen
								a	*b*	Δ*a*	Δ*b*		
52	121	830	Bröcking	Hülfs-Kompensation für Wärme u. Kälte	II. 1878	1877		+0.1010	−0.0073	—	—		
						1878		+ .0330	− .0010	**−0.0680**	**+0 0063**	**Ostasien**	
						83/84	II	+ .1180	− .0007	+ .0142	+ .0016	Ost- u. Nordsee	
						87/88	III	+ .0050	+ .0050	− .0283	+ .0014	»	
						89/90	II	+ .0410	+ .0030	**+0.0180**	− .0010	»	
						92/93	II	+ .0450	+ .0010	**+ .0013**	− .0007	**Ostafrika**	
						96/97	II	+ .0290	+ .0030	− .0040	**+0.0005**	Nordsee	
						99/00	I	− .0270	+ .0010	− .0187	− .0007		
53	122	800	Bröcking	Hülfs-Kompensation für Wärme	II. 1878	1877		+0.0020	+0.0030	—	—		
						78/79	III	− .1420	+ .0060	**−0.0720**	+0.0015		
						1886		− .1520	+ .0160	**−0.0014**	+ .0014		
						89/90	II	− .1030	+ .0130	+ .0123	− .0008		
						92/93	IV	− .1360	+ .0120	− .0110	**−0.0003**	Ost- u. Nordsee	
						94/95	III	− .1790	− .0060	− .0215	**−0.0090**	**Westindien**	
						97/98	II	− .1520	+ .0160	+ .0090	+ .0033	Ostsee	
54	123	827	Bröcking	Airy'sche Hülfs-Kompensation	II. 1878	1877		−0.1450	+0.0064	—	—		
						1878		− .0720	+ .0010	**+0.0730**	**−0.0054**	**Ostasien**	
						82/83		− .1660	+ .0080	− .0188	+ .0014	Ost- u. Nordsee	
						86/87	II	− .0710	+ .0070	+ .0238	**−0.0003**	Ostsee	
						88/89	III	− .1410	+ .0100	− .0350	+ .0015		
						89/90	II	− .1450	+ .0090	**−0.0040**	− .0010	**Ostafrika**	
						92/93	IV	− .1580	+ .0140	− .0043	+ .0017		
						95/96	IV	− .1750	+ .0160	− .0057	+ .0007	Ost- u. Nordsee	
						97/98	III	− .2090	+ .0090	− .0170	− .0035	»	
55	124	665	Bröcking	gewöhnl. Kompensation	II. 1878	76/77		−0.0820	+0.0068	—	—		
						77/78		− .1040	+ .0100	−0.0220	+0.0032	Ostsee	
						79/80		− .0720	+ .0090	+ .0160	**−0.0005**	Ost- u. Nordsee	
						81/82*		− .0370	+ .0050	+ .0175	− .0020	»	* in P... reg...
						83/84		− .0400	+ .0180	**−0.0015**	**+0.0065**	**Westafrika**	
						86/87	II	+ .1470	+ .0120	+ .0623	− .0020	**Westindien**	
						89/90	III	− .0670	+ .0160	− .0713	+ .0013	Ost- u. Nordsee	
						92/93	III	+ .0150	+ .0110	+ .0273	− .0017	»	
						95/96	III	+ .0890	+ .0130	+ .0247	+ .0007	»	
						97/98	IV	− .2140	+ .0220	**−0.1515**	+ .0045	»	
56	125	73	Petersen	gewöhnl. Kompensation	II. 1878	77/78		−0.2670	+0.0180	—	—	**Westindien**	
						92/93	III	− .1680	+ .0090	**+0.0066**	−0.0006	**Südsee**	
						95/96		− .1700	+ .0130	**−0.0007**	**+0.0013**	Ost- u. Nordsee	
						98/99	III	− .1840	+ .0140	− .0047	**+0.0003**		
57	127	456	Ehrlich	Zügel-Kompensation	IX. 1886	85/86		−0.0050	+0.0010	—	—		
						86/87	II	+ .0140	− .0030	+0.0190	**−0.0040**		
						91/92	II	− .0740	− .0020	− .0176	**+0.0002**		
						96/97	III	− .1040	+ .0040	**−0.0060**	+ .0012		
						99/00	I	− .0120	0	**+0.0307**	− .0013		

Digitized by Google

M No.	Fabrik-No.	Verfertiger	Art der Kompensation	Wann angekauft?	Jahr der Prüfung	Klasse	Koeffizienten a	Koeffizienten b	Jährliche Veränderung der Koeffizienten Δa	Jährliche Veränderung der Koeffizienten Δb	Aufenthaltsort der Chronometer während der Veränderung	Bemerkungen
31	548	Nieberg	gewöhnl. Kompensation	I. 1878	77/78		−0.0130	+0.0100	—	—		
					81/82		− .2430	+ .0060	−0.0575	−0.0010		
					82/83		− .1660	+ .0100	+ .0770	+ .0040		
					85/86		− .1520	+ .0110	**+0.0047**	+ .0003		
					86/87		− .1050	+ .0070	+ .0470	− .0040		
					87/88		− .1970	+ .0140	− .0920	+ .0070	Ostsee	
					88/89		− .4400	+ .0350	**−0.2430**	**+0.0210**		
					90/91	III	− .0480	+ .0100	+ .1960	− .0125	**Ostafrika**	
					93/94	IV	− .1150	+ .0140	− .0223	+ .0013	**Westindien**	
					96/97	IV	− .1810	+ .0170	− .0220	+ .0010		
					98/99	IV	− .2630	+ .0170	− .0410	**0**		
34	389	Ehrlich	Zügel-Kompensation	VI. 1882	81/82		+0.0092	+0.0003	—	—		
					82/83		− .0300	+ .0004	−0.0208	+0.0010		
					86/87	I	− .0056	+ .0040	+ .0061	+ .0009		
					87/88	II	− .0829	+ .0036	**−0.0773**	− .0004	Ostsee	
					89/90	I	− .0700	+ .0050	+ .0065	+ .0007	»	
					92/93	I	− .0670	+ .0040	**+0.0010**	**−0.0003**	Mittelmeer	
					95/96	I	− .0740	+ .0020	− .0023	− .0007	**Ostafrika**	
					99/00	II	− .1290	+ .0080	− .0138	**+0.0015**		
35	200	Eppner	gewöhnl. Kompensation	VI. 1878	77/78		+0.0540	+0.0050	—	—		
					78/79		+ .0500	+ .0070	**−0.0040**	+0.0020	{ **Ost- u. Westafrika** Mittelmeer	
					83/84		− .1030	+ .0050	− .0306	**−0.0004**		
					86/87	II	− .0760	+ .0100	+ .0090	+ .0007	{ Ost- und Nordsee Mittelmeer	
					89/90	II	− .0170	+ .0080	+ .0177	− .0007		
					91/92	II	− .0840	+ .0234	− .0335	+ .0077		
					92/93	II	− .0050	+ .0110	**+0.0790**	**−0.0124**		
					95/96	III	+ .0660	− .0060	+ .0237	− .0020		
					98/99	II	− .1120	+ .0100	− .0597	+ .0053		
37	202	Eppner	gewöhnl. Kompensation	VI. 1878	?		+0.0510	+0.0030	—	—	**Südamerika**	
					83/84	II	− .1610	+ .0090	−	+	Ost- u. Nordsee	
					89/90	IV	− .1272	+ .1260	+0.0056	**+0.0006**	**Südsee**	
					90/91*	II	− .0166	+ .0080	*+0.1106*	*−0.0046*	Nordsee	* neue Zugfeder
					92/93	III	− .0480	+ .0160	− .0157	+ .0040	Ostsee	
					95/96	III	− .0540	+ .0090	**−0.0020**	− .0023	Ost- u. Nordsee	
					97/98	III	− .1450	+ .0170	**−0.0455**	**+0.0040**	»	
39	208	Eppner	gewöhnl. Kompensation	VI. 1878	1878		−0.0850	+0.0003	—	—		
					1879		− .0820	+ .0060	+0.0030	+0.0030		
					1880		+ .0320	0	**+0.1140**	**−0.0060**		
					83/84	II	− .1480	+ .0080	− .0450	+ .0020	{ **Westindien Westafrika**	
					84/85		− .1480	+ .0080	**0**	**0**		
					90/91	II	+ 0390	+ .0080	+ .0312	0		
					92/93	IV	+ .2230	+ .0040	+ .0920	− .0020		
					95/96	IV	+ .1930	+ .0080	− .0100	+ .0013	Ost- u. Nordsee	* seit IX. 99 Beobachtungs-Chr.
					98/99*	durchgefallen	+ .5000	− .0080	+ .1023	− .0053		
40	209	Eppner	gewöhnl. Kompensation	VI. 1878	77/78		−0.0720	−0.0020	—	—		
					?		+ .1190	− .0028	+	+		
					88/89	III	− .1220	+ .0110	−	+		
					89/90	IV	− .1350	+ .0050	**−0.0130**	**−0.0060**		
					91/92	II	+ .0730	+ .0030	**+0.1040**	−0.0010		
					96/97	II	− .0550	+ .0140	− .0256	+ .0022		

Digitized by Google

Lfd. No.	M No.	Fabrik-No.	Verfertiger	Art der Kompensation	Wann angekauft?	Jahr der Prüfung	Klasse	Koeffizienten		Jährliche Veränderung der Koeffizienten		Aufenthaltsort der Chronometer während der Veränderung	Bemerkun
								a	*b*	Δ*a*	Δ*b*		
64	141	1940	Knoblich	gewöhnl. Kompensation	VI. 1878	78/79		−0.0420	+0.0110	—	—	**Südamerika**	
						82/83		+ .0180	+ .0040	+0.0150	−0.0018	**Südsee**, Ostsee	
						85/86	II	+ .0130	+ .0070	**−0.0017**	+ .0010		
						90/91	II	+ .0770	+ .0050	+ .0128	− .0004	Ost- u. Nordsee	
						93/94	III	− .1550	+ .0160	**−0.0773**	**+0.0037**		
						96/97	III	− .0910	+ .0160	+ .0180	**0**	**Ostafrika**	
65	142	1937	Knoblich	gewöhnl. Kompensation	VI. 1878	1878		+0.0110	+0.0090	—	—		
						1881		+ .1240	+ .0010	+0.0377	−0.0027	Ostsee	
						1886	III	+ .1070	+ .0020	− .0034	**+0.0002**	Ostsee	
						88/89	III	+ .1450	+ .0080	+ .0127	+ .0020		
						89/90	III	+ .0860	+ .0070	− .0590	− .0010		
						90/91	IV	+ .2290	+ .0020	**+0.1430**	− .0050		
						93/94	IV	+ .1270	+ .0110	− .0340	+ .0030	Ost- u. Nordsee	
						97/98	IV	− .0210	+ .0120	− .0370	+ .0003		
						98/99	II	− .0230	+ .0060	**−0.0020**	**−0.0060**		
66	144	1945	Knoblich	gewöhnl. Kompensation	VI. 1878	77/78		−0.0360	+0.0120	—	—	Ost- u. Nordsee	
						78/79		− .0450	+ .0060	−0.0090	**−0.0060**	**Südamerika, China**	
						1881		− .1190	+ .0150	− .0370	+0.0045	**Ostafrika, Südsee**	
						89/90	IV	− .0690	+ .0140	+ .0056	**−0.0001**	Ost- u. Nordsee	
						92/93	IV	+ .0810	+ .0150	**+0.0500**	+ .0003	»	
						95/96	IV	+ .0790	+ .0120	**−0.0007**	− .0010	»	
						98/99	IV	+ .0190	+ .0140	− .0200	+ .0007		
67	145	386	Tiede	gewöhnl. Kompensation	VI. 1878	77/78		+0.0920	+0.0100	—	—		
						80/81		+ .1330	+ .0090	+0.0137	−0.0003		
						81/82		+ .2100	− .0010	+ .0770	**−0.0100**		
						84/85	III	+ .1640	+ .0070	− .0153	+ .0027		
						87/88	III	+ .1310	+ .0070	**−0.0110**	**0**		
						89/90	IV	+ .2190	+ .0020	+ .0440	− .0025		
						92/93	III	− .0390	+ .0170	− .0860	+ .0050		
						94/95	II	− .0790	+ .0070	− .0200	− .0050		
						95/96	III	+ .0550	+ .0090	**+0.1340**	+ .0020		
						97/98	II	− .1520	+ .0140	− .1035	+ .0025	Ost- u. Nordsee	
68	146	395	Tiede	gewöhnl. Kompensation	VI. 1878	77/78		−0.2480	+0.0170	—	—		
						79/80		− .1510	+ .0100	+0.0485	−0.0035	Ostsee	
						81/82		− .1920	+ .0120	− .0205	+ .0010		
						1884		− .4570	+ .0370	**−0.1325**	**+0.0125**	Ost- u. Nordsee	
						86/87		− .0830	+ .0120	+ .1247	− .0083	»	
						87/88	III	− .2120	+ .0210	− .1290	+ .0090	**Westindien**	
						92/93		− .2020	+ .0170	**+0.0020**	− .0008		
						94/95		− .1870	+ .0190	+ .0075	+ .0010		
						97/98	IV	− .2190	+ .0190	− .0107	**0**		
69	148	3769	Parkinson u. Frodsham	?	VII 1878	?		−0.1520	+0.0060	—	—		
						87/88	II	− .1390	+ .0120	+	+		
						89/90	III	− .0250	+ .0080	+0.0570	−0.0020		
						91/92	II	− .0030	+ .0010	**+0.0110**	**−0.0035**		
						95/96	III	− .2480	+ .0090	**−0.0613**	**+0.0020**		

Digitized by Google

M No.	Fabrik-No.	Verfertiger	Art der Kompensation	Wann angekauft?	Jahr der Prüfung	Klasse	Koeffizienten *a*	Koeffizienten *b*	Jährliche Veränderung der Koeffizienten Δa	Jährliche Veränderung der Koeffizienten Δb	Aufenthaltsort der Chronometer während der Veränderung	Bemerkungen
151	211	Eppner	gewöhnl. Kompensation	VI 1879	78/79		−0.0290	+0.0010	—	—	Südamerika, Südsee, Westindien, Australien, China, Japan, Osafrika, Ost- u. Nordsee	
					83/84	II	− .1540	+ .0050	−0.0250	**+0.0008**		
					88/89	III	+ .0710	+ .0060	+ .0450	+ .0002		
					92/93	III	− .1660	+ .0100	**−0.0593**	+ .0010		
					94/95	IV	− .2150	+ .0130	− .0245	+ .0015		
					96/97	IV	− .2950	+ .0180	− .0400	+ .0025		
					98/99	III	− .2780	+ .0100	**+0.0085**	**−0.0040**		
155	854	Bröcking	Airysche	VIII. 1879	78/79*	I	+0.0013	−0.0028				* zu grosse Zwischenzeit, daher nicht verwendbar
					97/98	II	+ .0650	+ .0020	+	+		
157	749	Bröcking	Airysche Hülfs-Kompensation	VII 1879	?		+0.1100	+0.0030	—	—		
					93/94	II	+ .0410	+ .0030	−	0		
					96/97		+ .0880	+ .0030	**+0.0157**	**0**	China, Ostafrika	
					98/99	II	− .0920	+ .0090	**−0.0900**	**+0.0030**		
158	218	Eppner	Hülfs-Kompensation	VII 1879	78/79		−0.0425	+0.0054	—	—		
					80/81		+ .0070	+ .0070	+0.0248	+0.0008		
					81/82		+ .0142	+ .0058	+ .0072	− .0012		
					82/83		+ .0581	+ .0052	+ .0439	− .0006		
					84/85		+ .0930	+ .0070	+ .0175	+ .0009		
					1887		+ .0930	+ .0060	**0**	**−0.0005**		
					89/90	II	+ .1550	+ .0020	+0.0207	− .0013		
					92/93	IV	+ .2050	+ .0060	+ .0167	+ .0013		
					95/96	III	+ .0330	+ .0120	**−0.0573**	+ .0020		
					98/99	IV	+ .1290	+ .0050	+ .0320	**−0.0023**		
164	75	Petersen	gewöhnl. Kompensation	VII 1879	1884	II	−0.0080	+0.0040	—	—	Westafrika	
					93/94		− .2070	+ .0200	−0.0199	**+0.0016**		
					96/97		− .1520	+ .0180	**+0.0183**	**−0.0007**		
					98/99	IV	− .1060	+ .0150	**+0.0230**	−0.0015		
168	801	Ekegrén	gewöhnl. Kompensation	VII 1879	94/95		−0.1560	+0.0160	—	—	Ostasien	
					97/98	IV	− .1140	+ .0040	+0.0140	−0.0040		
169	220	Eppner	Hülfs-Kompensation	VI 1880	79/80	II	+0.0730	+0.0020	—	—		
					?		+ .0243	+ .0072	−	+		
					89/90	III	+ .1390	+ .0040	+	−	Ostafrika, Westindien, Ost- u. Nordsee, Ostsee	
					91/92	II	− .0860	+ .0100	**−0.1125**	**+0.0030**		
					93/94	IV	− .0920	+ .0140	−0.0030	+0.0020		
					96/97	III	− .0900	+ .0150	**+0.0007**	**+0.0003**		
					98/99	IV	− .0730	+ .0140	+0.0085	−0.0005		
173	1949	Knoblich	Hülfs-Kompensation nach Kullberg	VI 1880	79/80	II	+0.1220	−0.0080	—	—		
					84/85	III	+ .1283	− .0038	+0.0015	+0.0008		
					89/90	IV	+ .2660	− .0070	− .0034	− .0006		
					90/91		+ .2910	− .0080	+ .0250	− .0010		
					93/94	IV	+ .0650	+ .0130	**−0.0753**	**+0.0017**		
					96/97		+ .0290	+ .0140	−0.0120	**+0.0003**	Ost- u. Nordsee	
					98/99	II	+ .0270	+ .0110	**−0.0010**	−0.0015		

Digitized by Google

Lfd. No.	M No.	Fabrik-No.	Verfertiger	Art der Kompensation	Wann angekauft?	Jahr der Prüfung	Klasse	Koeffizienten		Jährliche Veränderung der Koeffizienten		Aufenthaltsort der Chronometer während der Veränderung	Bemerkungen
								a	*b*	Δa	Δb		
78	179	217	Eppner	Hülfs-Kompensation	VII 1880	79/80		+0.0910	−0.0050	—	—		
						80/81		+ .0270	− .0030	−0.0640	+0.0020	Ostsee	
						84/85		− .1350	+ .0060	− .0405	+ .0008	**Westindien**	
						86/87	II	− .0510	+ .0020	+ .0420	− .0020	Ost- u. Nordsee	
						89/90	II	− .0750	+ .0120	− .0080	+ .0033		
						90/91	I	+ .0190	+ .0040	**+0.0940**	**−0.0080**		
						92/93	II	− .0450	+ .0080	− .0320	+ .0020		
						95/96	II	− .0580	+ .0070	**−0.0043**	**−0.0003**	**Ostafrika**	
						97/98	III	− .1160	+ .0130	− .0290	+ .0030	Ost- u. Nordsee	
79	181	363	Ehrlich	Hülfs-Kompensation für Kälte	VII 1880	1885		+0.0870	+0.0080	—	—	**Westafrika**	
						89/90	III	+ .1440	+ .0050	**+0.0114**	**−0.0006**	Ost- u. Nordsee	
						92/93		+ .0230	+ .0110	**+0.0403**	**+0.0030**	»	
						95/96	IV	− .0220	+ .0160	− .0150	+ .0017	Ostsee	
						98/99	II	− .0830	+ .0110	− .0237	− .0017		
80	182	25	Kutter	Airysche Hülfs-Kompensation	VII 1880	1880		−0.0450	+0.0070	—	—		
						80/81		− .0810	+ .0050	**−0.0360**	**−0.0020**	**Ostasien**	
						86/87	II	− .0270	+ .0100	+ .0090	+ .0008	Ost- u. Nordsee	
						89/90	II	+ .0100	+ .0080	+ .0123	− .0007	Ostsee	
						91/92	II	+ .0610	+ .0080	+ .0255	**0**		
						94/95	III	+ .0820	+ .0130	**+0.0070**	+0.0017	»	
						96/97	IV	+ .0360	+ .0160	− .0230	+ .0015		
						98/99*	II	− .0330	+ .0070	*−0.0345*	*−0.0045*		* neue Zugriede
81	185	806	Ekegrén	Hülfs-Kompensation	VII 1880	79/80		−0.0450	+0.0090	—	—	**Ostasien**	
						86/87	II	− .0220	+ .0100	**+0.0033**	**+0.0001**	Ost- u. Nordsee	
						89/90	IV	− .1970	+ .0070	−0.0583	− .0010		
						92/93	II	+ .0250	+ .0050	**+0.0740**	− .0007	Ost- u. Nordsee	
						93/94	II	+ .0580	+ .0080	+ .0330	**+0.0030**	Ostsee	
						95/96	III	− .0430	+ .0040	− .0505	− .0020	Ost- u. Nordsee	
						98/99	II	+ .0840	+ .0010	+ .0423	− .0010		
82	186	222	Eppner	Hülfs-Kompensation	VII 1880	79/80	III	−0.0130	+0.0100	—	—		
						1884	II	− .0190	+ .0020	**−0.0015**	−0.0020		
						86/87		− .0620	+ .0080	− .0143	+ .0020		
						89/90	II	− .0540	+ .0110	+ .0027	**+0.0010**		
						92/93	II	+ .0290	+ .0070	+ .0277	− .0013		
						95/96	IV	+ .2080	+ .0010	+ .0597	− .0020		
						96/97	III	+ .0320	+ .0140	**−0.1760**	**+0.0130**		
83	188	838	Gerlin	gewöhnl. Kompensation	VII 1880	79/80		−0.0550	+0.0120	—	—	**Südsee**	
						80/81		− .0410	+ .0090	+0.0140	−0.0030	**Südsee,**	
						84/85*		− .0470	+ .0180	− .0015	+ .0023	**Ostasien,**	* in Sydn regulirt
						89/90	IV	− .1070	+ .0200	− .0120	**+0.0004**	**Ostafrika**	
						92/93	II	− .0020	+ .0100	+ .0350	− .0033	Ost- u. Nordsee	
						93/94	IV	− .1030	+ .0150	**−0.1010**	**+0.0050**		
						96/97	IV	− .0530	+ .0180	+ .0167	+ .0010		
						98/99	IV	+ .0400	+ .0170	**+0.0065**	− .0005		

Digitized by Google

Ad. No.	M No.	Fabrik-No.	Verfertiger	Art der Kompensation	Wann angekauft?	Jahr der Prüfung	Klasse	Koeffizienten *a*	Koeffizienten *b*	Jährliche Veränderung der Koeffizienten Δa	Jährliche Veränderung der Koeffizienten Δb	Aufenthaltsort der Chronometer während der Veränderung	Bemerkungen
4	190	919	Bröcking	Inverse Hülfs-Kompensation	VII. 1880	79/80		−0.0260	+0.0030	—	—		
						83/84	I	− .0690	+ .0030	−0.0108	0	**Westafrika, China**	
						87/88		0	0	+ .0173	−0.0008	Ost- u. Nordsee	
						89/90	I	− .0020	− .0010	**−0.0010**	− .0005	»	
						90/91	I	+ .0360	− .0010	**+0.0380**	0	»	
						92/93	II	+ .0080	0	− .0140	+ .0005	»	
						94/95	II	+ .0460	+ .0100	+ .0190	**+0.0050**	Mittelmeer	
						97/98	I	− .0190	+ .0010	− .0217	0	Nordatlantik	
						99/00	IV	+ .0370	+ .0010	+ .0280	0		
5	191	937	Bröcking	Inverse Hülfs-Kompensation	VII. 1880	79/80	I	−0.0400	+0.0010	—	—	**Australien, Südsee**	
						83/84	I	+ .0030	− .0010	+0.0108	−0.0005	**Westindien**	
						85/86	I	+ .0060	− .0010	+ .0015	**0**	»	
						88/89	I	− .0250	+ .0020	− .0103	+0.0010	**Ostafrika**	
						89/90	II	− .0110	+ .0070	+ .0140	**+0.0050**	»	
						92/93	III	+ .0980	− .0070	**+0.0363**	− .0047	**Westindien**	
						95/96	II	+ .0780	− .0110	**−0.0007**	− .0013	Mittelmeer	
						97/98	I	+ .0410	− .0060	− .0185	+ .0025	»	
6	192	940	Bröcking	Inverse Hülfs-Kompensation	VII. 1880	79/80		−0.0600	+0.0080	—	—		
						1881[1]		− .0340	+ .0040	**+0.0260**	**−0.0040**		
						1882[2]		− .0780	+ .0060	− .0440	+ .0020	Ost- u. Nordsee	[1] u. [2] Zugfeder erneuert
						1884[3]	II	+ .0160	+ .0005	*+0.0470*	*−0.0028*	»	[3] Unruhe regulirt
						1890		+ .0880	− .0040	+ .0120	− .0008	**Westafrika**	
						93/94	II	− .0100	− .0090	− .0245	− .0013		
						96/97	II	− .0260	− .0080	**−0.0053**	**+0.0003**		
7	193	1953	Knoblich	Hülfs-Kompensation	VII 1880	79/80	I	+0.0756	−0.0031	—	—		
						1881		+ .1210	− .0020	+0.0554	+0.0011	**Südamerika**	
						1884		+ .0060	+ .0030	− .0350	+ .0003	Ostsee	
						1886	III	+ .1920	− .0040	+ .0930	− .0005	**Westind.**, Mittelmeer	
						88/89	III	+ .1530	− .0050	− .0130	**−0.0003**	Mittelmeer	
						91/92	III	+ .1660	+ .0010	+ .0043	**+0.0020**		
						95/96	IV	− .2670	− .0030	**−0.1083**	− .0010	Ost- u. Nordsee	
						96/97*	IV	+ .2060	0	*+0.4730*	*+0.0030*	»	* Zugfeder erneuert
						98/99	IV	+ .2020	+0.0010	**−0.0020**	+0.0005	»	
	194	450	Ehrlich	Zügel-Kompensation	IX 1885	84/85	I	+0.0160	−0.0010	—	—	Ost- u. Nordsee	
						1888	I	− .0380	+ .0070	−	+	**Westindien**	
						90/91	I	+ .0020	+ .0030	+0.0133	**−0.0013**	**Ostafrika**	
						93/94	I	− .0080	0	**−0.0033**	− .0010	Mittelmeer	
						96/97	I	+ .0290	−0.0020	+ .0123	**−0.0007**	**Westindien, Südsee**	
						99/00	I	− .0180	+ .0010	**−0.0157**	+ .0010		
	196	922	Bröcking	Inverse Hülfs-Kompensation	VII. 1880	79/80	I	−0.0610	+0.0040	—	—		
						? [1]	II	− .0650	+ .0010	−	−	**Westindien**	[1] Zugfeder erneuert
						83/84	II	− .0630	+ .0070	+	+	Ost- u. Nordsee	
						85/86	II	− .0350	+ .0110	**+0.0140**	**+0.0020**	**Westindien**	
						?		− .0140	+ .0060	+	−		
						90/91	II	− .0310	+ .0080	−	+	**Ostafrika**	
						93/94	II	− .0380	+ .0110	**−0.0023**	**+0.0010**	**Südsee**	
						97/98[2]	I	− .0680	+ .0060	− .0075	− .0013		[2] Zugfeder erneuert

Digitized by Google

Lfd. No.	M No.	Fabrik-No.	Verfertiger	Art der Kompensation	Wann angekauft?	Jahr der Prüfung	Klasse	Koeffizienten		Jährliche Veränderung der Koeffizienten		Aufenthaltsort der Chronometer während der Veränderung	Bemerkungen
								a	*b*	Δ*a*	Δ*b*		
90	199	1843	Knoblich	Hülfs-Kompensation	VIII 1881	?		−0.0600	+0.0060	—	—	**Ostasien**	
						?		+ .0169	0	+	−	Ostsee	
						1887	III	+ .2380	+ .0190	+	+	**Westafrika**	
						88/89	IV	+ .0850	+ .0100	−0.0765	**−0.0045**	Ost- u. Nordsee	
						91/92	IV	+ .1020	+ .0120	**+0.0057**	+0.0007		
						94/95	IV	+ .0760	+ .0100	− .0087	− .0007	»	
						97/98	III	+ .0030	+ .0110	**−0.0243**	**+0.0003**	»	
91	203	976	Bröcking	Supplement für Wärme	VII 1881	80/81		−0.0250	−0.0070	—	—	Mittelmeer	
						?		− .0250	− .0010	**0**	−		
						1886	III	− .1880	+ .0080	−	+	Ost- u. Nordsee	
						1889		− .2000	+ .0110	−0.0040	+0.0010		
						90/91	III	− .1900	+ .0100	+ .0050	**−0.0005**	»	
						93/94	III	− .1060	+ .0140	**−0.0280**	**+0.0013**	»	
						96/97	II	− .0910	+ .0110	+ .0150	− .0010	**Südsee**	
92	209	403	Ehrlich	Zügel-Kompensation	VIII 1883	82/83	I	−0.0050	−0.0002	—	—		
						83/84		− .0480	+ .0020	**−0.0430**	**+0.0040**	Nordsee, **Westafrika**	
						86/87	I	− .0120	+ .0010	+0.0120	−0.0003	**Westind., Mittelmeer**	
						89/90	I	− .0320	+ .0010	− .0067	0	**Ostafrika**	
						92/93	I	0	− .0020	+ .0107	− .0010	**Südsee**	
						95/96	I	− .0370	− .0010	− .0123	+ .0003	**Ostafrika**	
						98/99	IV	− .0400	+ .0040	**−0.0010**	− .0010		
93	211	399	Ehrlich	Zügel-Kompensation	VII 1884	83/84	I	−0.0300	+0.0010	—	—		
						1886[1]	I	− .1080	0	−0.0390	−0.0005	**Südsee**	[1] regulir
						89/90	III	− .1210	+ .0020	**+0.0033**	**+0.0005**		
						90/91	II	− .0570	+ .0003	**+0.0640**	− .0017	Ost- u. Nordsee	
						92/93	II	− .1020	+ .0050	− .0220	**+0.0024**	Mittelmeer	
						95/96	II	− .0670	+ .0020	+ .0117	− .0010		
						99/00[2]	I	− .0490	+ .0020	+ .0045	0		[2] regulir
94	213	999	Gerlin	Hülfs-Kompensation	VII 1884	83/84	I	−0.0140	−0.0010	—	—	**Ostafrika, Australien**	
						1887	II	− .1040	+ .0020	−0.0300	+0.0010	Ostsee	
						88/89	II	− .0630	+ .0060	+ .0205	+ .0020	Ost- u. Nordsee	
						89/90	II	− .0140	− .0020	**+0.0490**	**−0.0080**	Ostsee	
						91/92	II	− .0580	+ .0020	− .0220	+ .0020	**Südsee**	
						95/96	II	− .0350	+ .0040	+ .0058	+ .0005	**Westafrika, Südsee**	
						99/00	IV	− .0530	+ .0040	**−0.0045**	**0**		
95	214	424	Ehrlich	Zügel-Kompensation	V 1884	83/84	I	−0.0610	+0.0030	—	—	**Ostafrika**	
						90/91*	II	− .0550	+ .0030	**+0.0009**	0	**Ostasien**	* neue S
						93/94	I	− .0290	+ .0030	+ .0087	**0**		
						94/95	II	+ .0340	+ .0020	+ .0050	−0.0010		
						95/96	II	− .0120	+ .0040	− .0460	**+0.0020**		
						97/98	II	− .1200	+ .0080	**−0.0540**	+ .0020	**Ostafrika**	
96	215	394	Ehrlich	Zügel-Kompensation	V 1884	83/84	I	+0.0230	−0.0040	—	—	**Australien, Ostafrika**	
						1889*		+ .3300	+ .0010	+0.0612	+0.0010		* Unruhe rin
						90/91	III	+ .0710	− .0050	**−0.1295**	− .0030	Ost- u. Nordsee	
						92/93	II	+ .0560	0	−0.0075	+ .0025		
						95/96	II	+ .1540	+ .0030	+ .0327	**+0.0010**	»	
						97/98	III	+ .1080	− .0210	− .0230	**−0.0120**	»	

Digitized by Google

M No.	Fabrik-No.	Verfertiger	Art der Kompensation	Wann angekauft?	Jahr der Prüfung	Klasse	Koeffizienten a	Koeffizienten b	Jährliche Veränderung der Koeffizienten Δa	Jährliche Veränderung der Koeffizienten Δb	Aufenthaltsort der Chronometer während der Veränderung	Bemerkungen
216	393	Ehrlich	Zügel-Kompensation	IX. 1885	84/85	I	+0.0460	−0.0010	—	—		
					87/88	I	+ .0670	+ .0010	**+0.0070**	+0.0007	**Ostafrika**	
					91/92	III	− .0150	+ .0030	− .0205	**+0.0005**	Ost- u. Nordsee	
					94/95	II	+ .0630	+ .0010	**+0.0260**	− .0007	**Südsee**	
					99/00	I	+ .0160	+ .0080	− .0094	**+0.0014**		
217	433	Ehrlich	Zügel-Kompensation	IX. 1885	94/95		−0.1040	+0.0040	—	—	**Südsee**	
					98/99	II	− .1110	+ .0050	−0.0098	+0.0003	**Ostafrika**	
218	982	Bröcking	Hülfs-Kompensation	IX. 1885	85/86	I	−0.0460	+0.0090	—	—		
					89/90	I	− .0890	+ .0090	−0.0108	**0**		
					90/91	II	− .0850	+ .0060	**+0.0040**	**−0.0030**		
					92/93	II	− .0560	+ .0070	+ .0145	+ .0005		
					96/97	II	− .0600	− .0020	− .0110	− .0023		
					98/99	I	− .0050	+ .0020	**+0.0275**	+ .0020		
219	1063	Bröcking	Hülfs-Kompensation	IX. 1885	84/85		−0.0540	+0.0050	—	—		
					85/86	II	− .1750	+ .0140	**−0.1210**	**+0.0090**		
					90/91	I	− .0200	+ .0050	+ .0310	− .0018		
					93/94	II	− .0480	+ .0090	− .0093	+ .0013		
					96/97	II	− .0710	+ .0070	**−0.0077**	**−0.0007**		
					99/00	IV	0	+ .0140	+ .0237	+ .0023		
220	429	Ehrlich	Zügel-Kompensation	IX. 1885	93/94	II	−0.1490	+0.0070	—	—	Ost- u. Nordsee	
					96/97	IV	− .2190	+ .0100	−0.0233	+0.0010	»	
221	94	Petersen	Retraktions-balance	IX. 1885	93/94		−0.1640	−0.0060	—	—	Ost- u. Nordsee	
					96/97		− .0350	+ .0040	+0.0430	+0.0033	**Südsee**	
					99/00*	II	− .1180	+ .0040	*−0.0277*	*0*		* in Sydney reparirt
222	835	Bröcking	Airysche Hülfs-Kompensation	IX. 1885	1885	I	−0.0800	+0.0050	—	—	**Westindien**	
					88/89	I	− .0580	+ .0030	+0.0055	**−0.0005**	**Ostafrika**	
					91/92	I	− .0620	+ .0070	**−0.0013**	+ .0013	**Südsee, Westafrika**	
					95/96	II	− .0150	− .0020	**+0.0118**	**−0.0023**	Ost- u. Nordsee	
					99/00*	III	− .0810	+ .0130	*−0.0145*	*+0.0028*		* Zugfeder erneuert
224	460	Ehrlich	Zügel-Kompensation	VIII. 1886	92/93	I	−0.0240	+0.0020	—	—	**Westindien**	
					95/96		− .0590	+ .0040	**−0.0117**	**+0.0007**	»	
					98/99	I	− .0400	− .0020	**+0.0063**	**−0.0020**	**Ostafrika**	
228	1061	Bröcking	Airysche Hülfs-Kompensation	IX. 1886	85/86	I	+0.0080	+0.0020	—	—		
					86/87		+ .0080	+ .0020	**0**	0	Ost- u. Nordsee	
					89/90	II	− .0240	+ .0050	−0.0107	**+0.0010**	»	
					92/93	II	+ .0590	+ .0020	+ .0277	− .0010	Ostsee	
					94/95	II	+ .0630	+ .0040	+ .0020	+ .0010	**Westafrika**	
					97/98	II	− .0280	+ .0040	**−0.0303**	**0**	**Westindien**	
229	169	Petersen	Zügel-Kompensation	IX. 1886	85/86		−0.0780	+0.0030	—	—	Ostsee	
					86/87	I	− .0780	+ .0040	**0**	+0.0010	**Westindien**	
					89/90	II	− .1270	+ .0050	−0.0163	**+0.0008**	Ost- u. Nordsee	
					92/93		− .1030	+ .0030	+ .0080	− .0007	»	
					93/94	III	− .1860	+ .0070	**−0.0830**	**+0.0040**	»	
					96/97		− .1400	+ .0050	+ .0153	− .0007	»	
					98/99	II	− .1540	+ .0070	− .0070	+ .0010	»	

Digitized by Google

Lfd. No.	M No.	Fabrik-No.	Verfertiger	Art der Kompensation	Wann angekauft?	Jahr der Prüfung	Klasse	Koeffizienten a	Koeffizienten b	Jährliche Veränderung der Koeffizienten Δa	Jährliche Veränderung der Koeffizienten Δb	Aufenthaltsort der Chronometer während der Veränderung	Bemerkung
107	230	452	Ehrlich	Zügel-Kompensation	IX. 1886	85/86		−0.0600	+0.0050	—	—	**Westindien**	
						88/89	II	− .0340	+ .0040	+0.0087	−0.0003	Ost- u. Nordsee	
						91/92	II	+ .0250	+ .0010	**+0.0197**	**−0.0010**		* in Bomb gereinigt, das Oel w dickt wa
						92/93*	I	+ .0420	+ .0010	+ .0170	0	**Ostafrika**	
						97/98	I	+ .0200	+ .0020	**−0.0044**	**+0.0002**	**Westafrika**	
108	231	1080	Bröcking	Hülfs-Kompensation	IX. 1886	85/86	I	+0.0110	−0.0020	—	—		
						87/88	I	+ .0120	− .0030	+0.0005	−0.0005	Mittelmeer	
						89/90	I	+ .0130	− .0004	**+0.0005**	− .0013		
						91/92	II	− .0630	− .0090	− .0250	− .0043		
						92/93	III	− .0040	+ .0010	**+0.0590**	**+0.0100**	Ostsee, Mittelmeer	
						94/95	II	− .0630	− .0010	− .0295	**−0.0010**	»	
						95/96	I	− .0650	− .0040	− .0020	− .0030	»	
						97/98	II	− .0970	− .0020	− .0160	+ .0020		
109	232	194	Krahmer	Hülfs-Kompensation	IX. 1886	85/86		−0.0710	+0.0040	—	—		
						86/87		− .0720	+ .0040	**−0.0010**	**0**	Ost- u. Nordsee	
						89/90	II	− .0230	+ .0020	+0.0163	−0.0017	**Ostafrika**	
						90/91	II	− .0660	+ .0070	**−0.0430**	− .0050		
						92/93	II	− .0400	+ .0030	+ .0130	− .0020	Ostsee	
						94/95	IV	− .1010	+ .0070	− .0305	+ .0020	Ost- u. Nordsee	
						97/98	III	− .1100	− .0090	− .0030	**−0.0053**	**Westindien**	
110	233	211	Kittel	Hülfs-Kompensation für Wärme u. Kälte	VIII. 1887	86/87		−0.0070	+0.0020	—	—		
						87/88		+ .0750	+ .0160	**+0.0820**	**+0.0070**	**Ostafrika, Südsee**	
						89/90	III	+ .0610	+ .0040	−0.0070	−0.0060		
						92/93	II	− .0020	+ .0020	− .0210	− .0007	Ost- u. Nordsee	
						95/96	II	− .0060	+ .0040	**−0.0013**	**+0.0007**	»	
						97/98	II	+ .0900	− .0050	+ .0480	− .0045	»	
111	234	517	Ehrlich	Zügel-Kompensation	VIII. 1890	89/90	I	−0.0040	+0.0010	—	—		
						90/91	II	− .0290	− .0040	−0.0250	**−0.0050**		
						93/94	II	− .0480	− .0010	**−0.0097**	**+0.0010**		
						95/96	I	+ .0210	+ .0030	**+0.0345**	+0.0020	**Ostasien**	
						98/99	I	+ .0730	− .0010	+ .0173	− .0013		
112	236	513	Ehrlich	Zügel-Kompensation	VIII. 1890	93/94	II	−0.1110	0	—	—	Ost- u. Nordsee	
						96/97	I	− .0340	+0.0030	**+0.0257**	**+0.0010**	**Westindien**	
						98/99	II	− .0870	+ .0030	**−0.0265**	**0**	**Ostasien**	
113	237	499	Ehrlich	Zügel-Kompensation	IX. 1887	86/87	I	−0.0170	+0.0020	—	—		
						87/88	I	+ .1050*	− .0480*	**+0.1220**	**−0.0500**	**Ostafrika, Südsee**	* falsche Koeffizient
						89/90	I	+ .0270	+ .0010	−0.0390	+0.0245	**Ostafrika**	
						91/92	I	+ .0640	0	− .0185	− .0005	**Südsee**	
						97/98	II	+ .0860	+ .0010	**+0.0037**	**+0.0001**	»	
114	238	461	Ehrlich	Zügel-Kompensation	IX. 1887	86/87	I	+0.0130	−0.0002	—	—		
						87/88	I	+ .0190	− .0022	**+0.0160**	**−0.0020**		
						92/93	I	+ .0180	+ .0010	**−0.0002**	**+0.0002**	**Westindien**	
						95/96	I	− .0040	0	−0.0073	−0.0003		
						98/99	I	+ .0150	+ .0030	+ .0063	+ .0010	**Ostasien**	
115	245	115	Bröcking	Hülfs-Kompensation für Wärme	VIII. 1888	87/88		+0.0270	+0.0040	—	—		
						1890		+ .0240	− .0030	**−0.0015**	**−0.0035**	**Westafrika**	
						93/94	II	− .0880	+ .0050	**−0.0280**	+0.0020	Ost- u. Nordsee	
						96/97	I	− .0440	+ .0040	+0.0147	− .0003	**Südsee**	
						99/00	I	− .0060	+ .0030	+ .0167	**−0.0003**		

Digitized by Google

M No.	Fabrik-No.	Verfertiger	Art der Kompensation	Wann angekauft?	Jahr der Prüfung	Klasse	Koeffizienten a	Koeffizienten b	Jährliche Veränderung der Koeffizienten Δa	Jährliche Veränderung der Koeffizienten Δb	Aufenthaltsort der Chronometer während der Veränderung	Bemerkungen
247	509	Ehrlich	Zügel-Kompensation	IX. 1889	92/93		+0.1030	0	—	—	Ost- u. Nordsee	
					95/96		+ .1150	+0.0030	**+0.0040**	**+0.0010**	Mittelmeer	
					98/99	II	+ .0109	− .0050	**−0.0020**	**−0.0007**	**Westindien**	
248	1168	Brócking	Widerstands-Supplement	V. 1890	95/96	III	+0.0670	+0.0030	—	—	{ Mittelmeer, **Westindien**	
					98/99	I	+ .0030	− .0010	−0.0213	−0.0013		
249	616	Ehrlich	Zügel-Kompensation	VII. 1892	96/97		−0.0470	+0.0030	—	—		
					98/99	I	− .0420	+ .0010	+0.0025	−0.0010		
250	1185	Brócking	Wärme-Supplement	VIII. 1890	93/94	III	−0.0260	+0.0020	—	—	**Ostafrika**	
					96/97		− .0170	− .0010	**+0.0030**	**−0.0010**	**Ostasien, Ostafrika**	
					98/99	III	+ .1760	− .0130	**+0.0965**	**−0.0060**		
251	1831	Knoblich u. Dencker	gewöhnl. Kompensation	III. 1885	78/79		+0.0120	+0.0090	—	—		
					83/84		0	+ .0150	**−0.0024**	+0.0012		
					91/92	IV	+ .1140	+ .0080	**+0.0143**	**−0.0009**	Ost- u. Nordsee	
					94/95	IV	+ .0770	+ .0140	−0.0123	**+0.0020**	**Ostasien**	5,00 Beobacht.-Chronometer
252	384	Tiede	gewöhnl. Kompensation	VI. 1874	78/79		−0.1240	+0.0090	—	—		
					83/84		+ .0400	− .0030	+0.0328	**−0.0024**		
					88/89	II	+ .0310	+ .0090	**−0.0018**	+0.0024		
					91/92	II	− .0990	+ .0110	**−0.0433**	+ .0010	Ost- u. Nordsee	
					94/95	II	+ .0050	+ .0100	+ .0347	**−0.0003**	Mittelm., **Westindien**	
					97/98	II	− .0600	+ .0140	− .0217	+ .0013	Ost- u. Nordsee	
253	542	Nieberg	gewöhnl. Kompensation	III. 1885	78/79		−0.0940	+0.0180	—	—		
					83/84		− .0520	+ .0140	**+0.0084**	−0.0008		
					91/92[1]	III	+ .0460	+ .0110	+0.0123	**−0.0004**		[1] nach Sternzeit regul.
					92/93[2]	IV	+ .0830	+ .0070	**+0.0370**	**−0.0040**		[2] nach Ortszeit regulirt
					94/95	II	+ .0330	+ .0130	− .0250	+ .0030	**Südsee**	
					98/99	IV	− .0420	+ .0150	− .0188	+ .0005		
254	1187	Brócking	Wärme-Supplement	VIII. 1890	89/90	II	+0.0210	+0.0040	—	—	Ostsee	
					93/94	III	− .0600	+ .0010	**−0.0203**	−0.0008	Mittelmeer	
					96/97	II	− .0700	+ .0050	−0.0033	**+0.0013**	**Westindien, Südamerika**	
					99/00	II	− .1110	+ .0020	−0.0137	−0.0010		
255	1186	Brócking	Wärme-Supplement	VIII. 1890	89/90	II	+0.0860	+0.0002	—	—	Ostsee	
					93/94	I	− .0510	+ .0010	**−0.0343**	−0.0002	**Ostafrika**	
					96/97	II	− .0430	− .0030	**+0.0027**	**−0.0013**	**Ostasien**	
					99/00	II	− .0690	− .0030	−0.0087	**0**		
256	261	Kittel	Hülfs-Kompensation für Kälte und Wärme	VIII. 1890	93/94	II	−0.1880	+0.0080	—	—	Ost- u. Nordsee	
					95/96	I	+ .0250	0	**+0.1065**	**−0.0040**	**Westindien**	
					98/99	II	− .0710	+ .0020	**−0.0320**	**+0.0007**	**Südamerika**	
257	506	Ehrlich	Zügel-Kompensation	VIII. 1890	93/94		−0.1490	+0.0150	—	—	**Westindien**	
					96/97	I	− .0190	+ .0050	+0.0433	−0.0033	**Australien, Südsee**	

Digitized by Google

Lfd. No.	M No.	Fabrik-No.	Verfertiger	Art der Kompensation	Wann angekauft?	Jahr der Prüfung	Klasse	Koeffizienten a	Koeffizienten b	Jährliche Veränderung der Koeffizienten Δa	Jährliche Veränderung der Koeffizienten Δb	Aufenthaltsort der Chronometer während der Veränderung	Bemerkungen
127	258	531	Ehrlich	Zügel-Kompensation	V. 1891	90/91	I	−0.0130	+0.0004	—	—	Ost- u. Nordsee	
						93/94	I	− .0670	+ .0020	**−0.0180**	−0.0006	»	
						96/97	I	− .0340	+ .0030	+ .0110	**+0.0003**	»	
						99/00	I	− .0070	+ .0010	**+0.0090**	**−0.0007**	Südsee	
128	259	530	Ehrlich	Zügel-Kompensation	V. 1891	90/91	I	−0.0050	−0.0002	—	—		
						93/94	I	+ .0360	+ .0030	**+0.0137**	**+0.0011**	Ostafrika, Ostasien	
						96/97	I	+ .0510	+ .0010	**+0.0050**	−0.0007		
129	260	1182	Bröcking	Widerstands-Supplement	V. 1891	93/94	I	−0.0260	+0.0020	—	—		
						96/97	I	− .0270	+ .0020	**−0.0008**	0	Ostasien	
						99/00	II	− .0380	+ .0010	**−0.0037**	**−0.0003**	»	
130	262	592	Ehrlich	Zügel-Kompensation	V. 1891	90/91	I	−0.0520	+0.0010	—	—	Ost- u. Nordsee	
						94/95	I	+ .0650	+ .0010	**+0.0293**	0	Westindien	
						97/98	I	+ .0280	+ .0003	−0.0123	**−0.0002**	»	
131	263	120	Bröcking	Hülfs-Kompensation für Wärme	V. 1891	90/91	I	+0.0402	−0.0056	—	—	Ost- u. Nordsee	
						94/95	II	− .0140	− .0050	**−0.0136**	+0.0002	Südsee	
						97/98	II	− .0370	− .0010	−0.0077	**+0.0013**	Ostafrika	
132	264	590	Ehrlich	Zügel-Kompensation	V. 1891	94/95		+0.0140	+0.0020	—	—	Mittelmeer	
						97/98	II	− .0840	+ .0050	−0.0327	+0.0010		
133	266	1198	Bröcking	Widerstands-Supplement	V. 1891	90/91	II	+0.0740	+0.0003	—	—	Ost- u. Nordsee	
						94/95	II	− .0650	+ .0020	**−0.0348**	**−0.0004**	Ostsee	
						97/98	I	+ .0590	+ .0020	**+0.0413**	0	Westindien	
134	267	131	Kittel	gezahntes Federhaus ohne Schnecke	V. 1891	94/95*	III	+0.1560	+0.0040	—	—	Südsee	* in Aus repair
						97/98	III	+ .1010	− .0030	−0.0150	−0.0023	Ost- u. Nordsee	
135	269	605	Ehrlich	Zügel-Kompensation	VI. 1892	91/92	I	−0.0540	+0.0010	—	—	Ost- u. Nordsee	
						95/96	II	− .0680	+ .0050	**−0.0035**	**+0.0010**		
						98/99	III	− .1520	+ .0090	**−0.0280**	**+0.0013**	Ostasien	
136	270	1221	Bröcking	Widerstands-Supplement	VI. 1892	91/92	I	−0.0150	+0.0010	—	—		
						93/94	IV	+ .1240	+ .0110	+0.0695	**+0.0050**	Westindien	
						96/97		+ .1480	+ .0140	**+0.0060**	+0.0008	Ost- u. Nordsee	
						98/99	II	− .1110	+ .0110	**−0.1295**	− .0015	»	
137	271	104	Bröcking	Widerstands-Supplement	VI. 1892	91/92	I	+0.0510	−0.0010	—	—	Südsee Westafrika	
						96/97	II	+ .0550	+ .0050	**+0.0008**	**+0.0015**	Ost- u. Nordsee	
						99/00	IV	+ .0520	+ .0110	**−0.0010**	**+0.0020**		
138	272	1179	Bröcking	Widerstands-Supplement	IX. 1893	92/93	I	−0.0460	+0.0015	—	—	Westindien	
						96/97	I	− .0190	+0.0030	**+0.0068**	**+0.0004**	»	
						98/99	I	− .0470	+0.0020	**−0.0140**	**−0.0005**		

Digitized by Google

M No.	Fabrik-No.	Verfertiger	Art der Kompensation	Wann angekauft?	Jahr der Prüfung	Klasse	Koeffizienten a	Koeffizienten b	Jährliche Veränderung der Koeffizienten Δa	Jährliche Veränderung der Koeffizienten Δb	Aufenthaltsort der Chronometer während der Veränderung	Bemerkungen
277	1215	Bröcking	Widerstands-Supplement	IX. 1893	92/93	II	−0.0730	+0.0040	—	—	Ost- u. Nordsee	
					95/96		− .0990	+ .0110	**−0.0087**	+0.0023		
					96/97	II	− .0070	+ .0050	**+0.0920**	**−0.0060**		
					97/98	II	− .0910	+ .0060	− .0840	**+0.0010**	**Westindien**	
280	1205	Bröcking	Kälte-Zügelung	VIII. 1894	93/94	I	−0.0310	+0.0020	—	—	Ost- u. Nordsee	
					97/98	III	− .1660	+ .0060	−0.0350	+0.0010	»	
284	1214	Bröcking	Widerstands-Supplement	VIII. 1894	93/94	II	−0.0060	+0.0010	—	—		
					94/95	I	− .0310	+ .0040	**−0.0250**	**+0.0030**		
					98/99	I	− .0100	+ .0020	**+0.0053**	**−0.0005**		
289	1197	Bröcking	Widerstands-Supplement	VIII. 1895	94/95	I	+0.0100	−0.0030	—	—	**Westafrika**	
					97/98	I	− .0360	+ .0040	−0.0153	+0.0023		
290	1220	Bröcking	Airy'sche Hülfs-Kompensation	VIII. 1895	94/95	I	−0.0250	0	—	—	**Südsee**	
					97/98	III	− .2270	+0.0090	−0.0673	+0.0030		
291	117	Bröcking	Airy'sche Hülfs-Kompensation	VIII. 1895	94/95	I	+0.0290	−0.0040	—	—	Ost- u. Nordsee	
					97/98	I	− .0040	− .0010	−0.0110	+0.0010	»	
295	2	Lange u. Söhne	Hülfs-Kompensation für Kälte	IX. 1896	95/96	I	+0.0330	−0.0010	—	—	**Westafrika**	
					99/00	II	+ .0090	+ .0010	−0.0060	+0.0005		
296	4	Lange u. Söhne	Hülfs-Kompensation für Kälte	IX. 1896	95/96		+0.0090	−0.0050	—	—		
					98/99	I	+ .0490	0	+0.0133	+0.0017		
297	1251	Bröcking	Kälte-Zügelung	IX. 1896	95/96	I	−0.0370	+0.0040	—	—	{ **Westafrika** **Westindien**	
					99/00	II	− .0220	0	−0.0038	−0.0010		
299	1245	Bröcking	Kälte-Zügelung	IX. 1896	95/96	II	−0.0780	+0.0030	—	—	Ost- u. Nordsee	
					98/99	I	− .0240	+ .0050	+0.0180	+0.0007		
300	1246	Bröcking	Kälte-Zügelung	IX. 1896	95/96	I	+0.0390	−0.0020	—	—	Ost- u. Nordsee	
					98/99	I	− .0400	+ .0020	−0.0263	+0.0013	**Ostasien**	
302	802	Ehrlich	Zügel-Kompensation	IX. 1896	95/96	II	−0.0010	+0.0020	—	—	Ost- u. Nordsee	
					97/98	I	+ .0150	− .0010	+0.0070	−0.0015		
303	803	Ehrlich	Zügel-Kompensation	IX. 1896	95/96		−0.0950	+0.0040	—	—		
					96/97	I	− .0030	+ .0040	**+0.0920**	**0**		
					98/99	I	− .0680	+ .0020	**−0.0325**	**−0.0010**		
304	804	Ehrlich	Zügel-Kompensation	IX. 1896	95/96	II	−0.0960	+0.0028	—	—	**Westafrika**	
					97/98	I	+ .0050	+ .0005	+0.0505	−0.0012	**Südsee**	

Digitized by Google

Lfd. No.	M No.	Fabrik-No.	Verfertiger	Art der Kompensation	Wann angekauft?	Jahr der Prüfung	Klasse	Koeffizienten		Jährliche Veränderung der Koeffizienten		Aufenthaltsort der Chronometer während der Veränderung	Bemerkungen
								a	b	Δa	Δb		
153	305	113	Kittel	Hülfskompensat. für Kälte, gezahntes Federhaus	IX. 1896	95/96	II	+0.1090	−0.0040	—	—	**Westafrika**	
						99/00	III	+ .0580	+ .0040	−0.0128	+0.0020		
154	307	3012	Schlesicky	gewöhnl. Kompensation	IX. 1896	95/96	II	−0.0280	+0.0110	—	—	**Westafrika**	
						98/99	IV	− .1120	+ .0110	−0.0280	0		
155	312	1288	Bröcking	Kältezügelung	VIII. 1897	96/97	I	−0.0340	0	—	—	Ost- u. Nordsee	
						98/99	I	− .0650	+0.0010	−0.0155	+0.0005		
156	314	130	Kittel	Feder-Kompensation gezahntes Federhaus	VIII. 1897	96/97	I	+0.0560	−0.0013	—	—	Ostsee	
						98/99	I	− .0360	0	−0.0460	+0.0007		
157	315	1284	Bröcking	Kältezügelung	VIII. 1897	96/97	II	+0.0110	−0.0035	—	—		
						98/99	I	− .0530	− .0002	−0.0320	+0.0017		
158	317	1289	Bröcking	Kältezügelung	VIII. 1897	96/97	II	−0.0380	+0.0010	—	—		
						98/99	III	− .1910	+ .0070	−0.0765	+0.0030		
159	319	28	Diedrich	gewöhnl. Kompensation	VIII. 1897	96/97	III	−0.1030	+0.0100	—	—	**Ostasien**	
						99/00	durchgefallen	− .2090	+ .0170	−0.0353	+0.0023		
160	320	805	Ehrlich	Zügel-Kompensation	VIII. 1897	96/97	III	+0.1040	−0.0010	—	—	**Westafrika**	
						99/00	I	+ .0190	− .0010	−0.0283	0		
161	321	118	Kittel	Hülfs-Kompensat. für Kälte, gezahntes Federhaus	VIII. 1897	96/97	III	+0.0940	−0.0030	—	—	Ost- u. Nordsee	
						99/00	III	+ .1240	+ .0070	+0.0100	+0.0033		
162	322	3011	Schlesicky	Hülfs-Kompensation	VIII. 1897	96/97	II	−0.1000	−0.0010	—	—	**Ostasien**	
						98/99	II	− .1220	+ .0070	−0.0110	+0.0040		
163	323	3014	Schlesicky	Hülfs-Kompensation	VIII. 1897	96/97	II	+0.0180	+0.0080	—	—	**Ostasien**	
						99/00	II	− .0240	+ .0060	−0.0140	−0.0007	**Ostasien**	
164	324	1300	Bröcking	Kältezügelung	VIII. 1898	97/98	I	−0.0140	+0.0004	—	—	Ostsee	
						99/00	I	− .0510	+ .0040	−0.0185	+0.0018		
165	328	613	Ehrlich	Zügel-Kompensation	VIII. 1898	97/98	I	−0.0340	+0.0010	—	—		
						99/00	I	+ .0170	+ .0030	+0.0255	+0.0010		
166	329	1305	Bröcking	Kälte-Zügelung	VIII. 1898	97/98	I	−0.0400	+0.0070	—	—		
						99/00	I	− .0590	+ .0004	−0.0095	−0.0033		
167	331	1209	Bröcking	Widerstands-Supplement	VIII. 1898	97/98	I	−0.0360	+0.0030	—	—		
						99/00	I	− .0300	+ .0010	+0.0030	−0.0010		

Digitized by Google

M No.	Fabrik-No.	Verfertiger	Art der Kompensation	Wann angekauft?	Jahr der Prüfung	Klasse	Koeffizienten *a*	Koeffizienten *b*	Jährliche Veränderung der Koeffizienten Δ*a*	Jährliche Veränderung der Koeffizienten Δ*b*	Aufenthaltsort der Chronometer während der Veränderung	Bemerkungen
332	1294	Bröcking	Kältezügelung	VIII. 1898	97/98	I	−0.0340	+0.0010	—	—		
					99/00	I	− .0080	+ .0030	+0.0130	+0.0010		
333	1274	Bröcking	Kältezügelung	VIII. 1898	97/98	II	+0.0700	−0.0040	—	—	Ost- u. Nordsee	
					99/00	I	− .0350	+ .0020	−0.0525	+0.0030		
335	128	Kittel	Rückwirkende Hülfs-Kompensat., gezahntes Federhaus	VIII. 1898	97/98	II	+0.0060	−0.0001	—	—	Ost- u. Nordsee	
					99/00	III	+ .0410	+ .0040	+0.0175	+0.0022		

Bei dieser Untersuchung sollen folgende Punkte in Betracht gezogen werden:

1) Wie gross sind die zu erwartenden Veränderungen von *a* und *b* und sind die dadurch hervorgerufenen Fehler des vorausberechneten Standes so gross, dass sie zur Erklärung der beobachteten Fehler herangezogen werden können?

2) Folgen die Veränderungen bestimmten Gesetzen, nach denen man sie in der Praxis berücksichtigen und sich somit vor ihnen schützen kann?

3) Sind die Veränderungen bei verschiedenen Kompensationsarten bezw. Fabrikanten verschieden gross und ergiebt sich daraus ein Uebergewicht einer Kompensationsart, die sie für die Praxis besser erscheinen lässt, als die andere?

4) Ist aus der Grösse der Koeffizienten bezw. aus deren Veränderung ein Urtheil über die Güte der Chronometer oder über das zu ihrer Anfertigung verwandte Material zu ziehen?

1. Fehler des vorausberechneten Standes durch Veränderung der Koeffizienten *a* und *b*.

1) Wie gross sind die zu erwartenden Veränderungen von *a* und *b* und sind die dadurch hervorgerufenen Fehler des vorausberechneten Standes so gross, dass sie zur Erklärung der beobachteten Fehler herangezogen werden können?

Behufs Erledigung dieser Frage sollen die Temperatur-Korrektionen aus den für zwei Jahre gefundenen Koeffizienten *a* und *b* berechnet werden, um daraus zu ersehen, ob der nachträglich festgestellte Fehler in der Standberechnung derartig bedeutend war, dass er bei der Ortsbestimmung eine in Betracht zu ziehende Grösse ausmacht.

Zu diesem Zwecke werden diejenigen Chronometer ausgewählt werden, welche die grösste jährliche Veränderung von *a* bezw. *b* aufweisen, jedoch nicht nur solche, die zwischen den betreffenden Untersuchungen eine Reise gemacht haben, sondern auch solche, welche ohne Veränderung des Aufenthaltortes in zwei aufeinanderfolgenden Jahren von den betreffenden Observatorien untersucht worden sind.

Zur Prüfung stehen zur Verfügung und werden dementsprechend herangezogen werden ausser den Aufführungen der Tabelle I dieser Arbeit noch die Ergebnisse der Untersuchung des Professor Dr. Peters, angeführt in den Annalen der Hydrographie vom Jahre 1877, Seite 213, sowie die in dem Berichte des Kaiserlichen Observatoriums zu Wilhelmshaven vom 17. Oktober 1899 — Br. No. 265 — als gefunden aufgeführten Werthe der Koeffizienten *a* und *b* derjenigen Chronometer, welche die Temperatur-Prüfung im Winter 1897/98 und 1898/99 durchgemacht haben, ohne inzwischen in Reinigung gewesen zu sein.

Werden, wie oben schon erwähnt ist, nach den vorhandenen Angaben die Temperatur-Korrektionen für die angegebenen Jahre berechnet, und das Mittel von den aus diesen sich ergebenden Korrektionen genommen, so muss man diejenige Temperatur-Korrektion erhalten, mit der, von Anfang an gerechnet, der richtige Stand am Ende erhalten worden wäre. Der Unterschied zwischen den Produkten aus der angewandten Temperatur-Korrektion multiplizirt mit der Anzahl der Tage der Zwischenzeit und dem Mittel der Temperatur-Korrektionen mal der Anzahl der Tage der Zwischenzeit ergiebt den Fehler im Stande, welcher durch die angewandte falsche Temperatur-Korrektion erzeugt worden ist; selbstverständlich nur bei der Annahme, dass die letztere sich von Anfang bis zum Ende gleichmässig geändert hat.

Digitized by Google

a) Von Prof. Dr. Peters wurden in den Wintern 1875/76 und 1876/77 14 Chronometer auf Kompensation untersucht. Von diesen hat Tiede No. 280 (*M* 86) die grösste jährliche Veränderung von $\Delta a = -0.143$, $\Delta b = -0.028$. Dasselbe muss jedoch unberücksichtigt bleiben, da ein Chronometer mit solchen hohen Temperatur-Korrektionen, wie sich bei *M* 86 ergaben (−20ˢ.04 bei 35° C), nicht einmal die Bedingungen der IV. Klasse erfüllt hat, somit niemals an Bord gegeben wird.

Es soll deshalb Chronometer Eppner No. 173 (*M* 89), als die nächste grösste jährliche Veränderung von a und b aufweisend (Δa +0.136, Δb −0.012), betrachtet werden, zugleich als Beispiel für die soeben angeführte Berechnungsart.

M 89 weist auf die Grössen für:

	1875/76	1876/77
a	= +0.063	= +0.199
b	= +0.008	= −0.004

Die hieraus errechnete Temperatur-Korrektionstabelle ergiebt für:

	1875/76		1876/77	Abweichung in 4 Monaten
bei[5]) 5° C	tc	= +0ˢ.170	= −2ˢ.390	−0ˢ.853
» 25° »	»	= +1ˢ.430	= +1ˢ.590	+0ˢ.053
» 35° »	»	= +4ˢ.460	= +2ˢ.380	−0ˢ.693

Wird angenommen, dass das Chronometer nach der Neubestimmung der Temperatur-Korrektion sofort an Bord kommt, ein in der Praxis öfters eintretender Fall, und dass das Schiff erst eine neue Standbestimmung angestellt hat vier Monate — 120 Tage gerechnet — nach der Neubestimmung der Temperatur-Korrektion, und wird die für die Temperatur-Korrektion ungünstigste Temperatur = 5° C als die herrschende angenommen, so würde die Temperatur-Korrektion nach 4 Monaten betragen = +0ˢ.170. −0ˢ.853 = −0ˢ.683, mithin wird die mittlere Temperatur-Korrektion für die ersten 4 Monate sein:

$$-0^s.683+\left(\frac{0^s.17+0^s.683}{2}\right) = -0^s.256;$$

als Fehler für 5° C zeigt sich in 4 Monaten = +0ˢ.17.120 − (−0ˢ.256.120) = +20ˢ.40+30ˢ.72 = 51ˢ.12.

4ˢ = 1 Sm gerechnet ergiebt einen Fehler von 12.8 Sm.

Anmerkung. Da die Rechnungen und Zahlen in jedem einzelnen Falle wiederkehren, so wird der Uebersichtlichkeit halber zunächst nur angeführt, welche Chronometer überhaupt in Betracht kommen, während die Ergebnisse der Rechnungen dann in Tabellenform am Schlusse beigefügt werden.

b) Im Kaiserlichen Observatorium zu Wilhelmshaven sind 27 Chronometer der Temperatur-Prüfung im Winter 1897/98 und 1898/99 unterzogen worden; *M* 138 hatte unter diesen die grösste jährliche Veränderung von a, *M* 13 die grösste jährliche Veränderung von b. Diese beiden Chronometer sind daher zur Untersuchung herangezogen worden.

c) Nach der Tabelle I hat Chronometer *M* 45 (Eppner No. 188) die grösste jährliche Veränderung von a ($\Delta a = +0.430$) bezw. Chronometer *M* 237 (Ehrlich No. 499) von b ($\Delta b = -0.050$). Da letzterem Chronometer aber aus hier nicht zu erörternden Gründen falsche Temperatur-Korrektionen mitgegeben worden waren, so bleibt es hier unberücksichtigt. An Stelle desselben tritt *M* 131 (Nieberg No. 548) mit einem Δb von +0.021.

M 45 fiel in den Jahren 1888/89 wegen eines zu grossen Kompensationsfehlers durch, wurde dann zum Uhrmacher geschickt und im nächsten Jahre wieder untersucht. Da dasselbe unter solchen Umständen nicht an Bord gekommen wäre, was in der That auch der Fall war, so ist es für diese Untersuchung nicht brauchbar und soll für dasselbe *M* 82 als mit dem nächstgrössten Δa behaftet — +0.312 —, herangezogen werden. Nur des später folgenden Vergleiches mit *M* 82 halber wird der Fehler dieses Chronometers einer Berücksichtigung unterzogen.

Die tabellarische Berechnung der Fehlergrössen der oben angezogenen Chronometer, *M* 89 mit eingezogen, ist wie folgt:

[5]) Die mit Stern (*) bezeichneten Temperaturen kommen bei dieser Untersuchung als die für die Temperatur-Korrektion ungünstigsten Temperaturen in Frage.

Digitized by Google

Chr. M	Beobachtungsjahr	a	b	Temperatur-Korrektion für 5° C	Temperatur-Korrektion 25° C	Temperatur-Korrektion 35° C	Nach vier Monaten: Abweichung für die mit * bezeichneten C-Grade	Nach vier Monaten: Temp.-Korr.	Nach vier Monaten: mittlere Temp.-Korr.	Nach vier Monaten: Fehler in Sek.	Nach vier Monaten: Fehler in Sm
89	1875/76	+0.063	+0.008	*+0^s.170	+1^s.430	+4^s.460	−0^s.853	−0^s.683	−0^s.256	51.12	12.8
	1876/77	+0.199	−0.004	−2.390	+1^s.590	+2.380					
138	1897/98	−0.1527	+0.0070	+2.227	−0.827	*−0.254	+0.732	+0.478	+0.112	43.92	11.0
	1898/99	−0.0349	+0.0066	+1.009	+0.311	+1.942					
13	1897/98	−0.3162	+0.0192	*+3.469	−1.169	−0.038	+0.538	+4.007	+3.738	32.28	8.1
	1898/99	−0.2319	+0.0115	+5.082	−1.242	+1.356					
45	1888/89	+0.643	+0.019	−4.530	+8.330	*+20.460	−2.467	+17.993	+19.227	147.96	37.0
	1889/90	+0.213	+0.022	+0.070	+4.330	+13.060					
82	1895/96	−0.383	+0.014	+5.230	−2.430	*−2.060	+2.48	+0.42	−0.82	148.8	37.2
	1896/97	−0.071	+0.017	+2.410	+0.990	+5.380					
131	1887/88	−0.197	+0.014	*+3.370	−0.570	+1.660	+1.51	+4.88	+4.125	90.60	22.7
	1888/89	−0.440	+0.035	+7.900	−0.900	+5.200					

* Die mit Stern (*) bezeichneten Temperaturen kommen bei dieser Untersuchung als die für die Temperatur-Korrektion ungünstigsten Temperaturen in Frage.

Wird das Ergebniss von M 82 mit dem von M 45 verglichen, so erscheint es auf den ersten Blick wunderbar, dass M 82 trotz des kleineren Koeffizienten a doch einen grösseren Fehler aufweist. Der Grund liegt aber in der Aenderung in einem Jahre, welche bei dem letzteren Chronometer eine grössere ist. Die Grösse des Koeffizienten a hat Einfluss auf die Grösse der Temperatur-Korrektion, während bei dem Fehler nicht die Grösse der Temperatur-Korrektion in Betracht kommt, sondern nur die jährliche Aenderung. M 82 hat 1895/96 ein grosses a (−) von entgegengesetztem Vorzeichen wie b, daher erhält bei 35° C trotz des Quadrats von $(t-t_0)$ die Temperatur-Korrektion das Vorzeichen *minus*, und es ist somit, weil die Temperatur-Korrektion 1896/97 *plus* wird, der Unterschied des Jahres ein grosser, ungeachtet der im Vergleich zu M 45 kleineren Temperatur-Korrektion.[6])

Wie ersichtlich sind die Fehler nach 4 Monaten theilweise noch recht bedeutende, von 37.2 Sm (M 82) bis 8.1 Sm (M 13), also nicht zu übersehende Grössen bei der Ortsbestimmung. Es ist hierbei aber in Betracht zu ziehen, dass alle bisher zur Untersuchung herangezogenen Chronometer der IV. Klasse angehörten, also einer Kategorie von Chronometern, welche meistens nur als Kontroll-Chronometer an Bord benutzt werden, während den Schiffen im Auslande stets Chronometer I. Klasse, ausnahmsweise II. Klasse, als Hauptchronometer zur Ortsbestimmung mitgegeben werden.

Dass nur Chronometer IV. Klasse bis dahin zu der Untersuchung herangezogen wurden, geschah, weil diese das grösste Δa und Δb hatten, daher am besten geeignet waren, die eventuellen Grössen der Fehler zu zeigen; um jedoch zu einem richtigen Urtheile zu kommen, sollen noch von den dem hiesigen Observatorium zugehörigen Chronometern zwei I. Klasse herangezogen werden und zwar das augenblicklich schlechteste, sowie das augenblicklich beste dieser Klasse — M 303 bezw. M 258 —.

M 303, 1896 angekauft, ist in den Jahren 1896/97 und 1898/99 einer Temperatur-Untersuchung unterzogen worden und ergab dabei ein jährliches Δa von −0.032 sowie ein jährliches Δb von −0.001.

M 258 bewies sich 1899/1900 als das beste zur Temperatur-Prüfung herangezogene Chronometer I. Kl. Dasselbe, 1896/97 und 1899/1900 untersucht, ergab ein jährliches $\Delta a = +0.0090$, ein eben solches $\Delta b = -0.0007$.

[6]) Auf die Grösse der Temperatur-Korrektion übt hauptsächlich, namentlich bei hohen Temperaturen, „b“ einen Einfluss aus, da dasselbe mit dem Quadrate von $(t-t_0)$ multiplizirt wird, — ausgenommen der Fall, dass ein grosses a von entgegengesetztem Vorzeichen wie b vorhanden ist, welches dem Einflusse von b entgegenwirkt —, während den jährlichen Fehler das Vorzeichen und das Grössenverhältniss von a und b beeinflusst. Der Fehler kann klein sein trotz grosser Koeffizienten a bezw. b und trotz hoher Temperatur-Korrektionen.

Digitized by Google

Die tabellarische Berechnung der Fehlergrössen beider Chronometer ist die folgende:

Chr. *M*	Beobachtungsjahr	*a*	*b*	Temperatur-Korrektion für 5° C	Temperatur-Korrektion 25° C	Temperatur-Korrektion 35° C	Nach vier Monaten: Abweichung für die mit * bezeichneten C-Grade	Nach vier Monaten: Temp.-Korr.	Nach vier Monaten: mittlere Temp.-Korr.	Nach vier Monaten: Fehler in Sek.	Nach vier Monaten: Fehler in Sm
303	1896/97	−0.003	+0.004	+0ˢ430	+0ˢ370	*+1ˢ540	−0ˢ350	+1ˢ190	+1ˢ365	21.00	5.3
	1898/99	−0.068	+0.002	+0.880	−0.480	−0.560					
258	1896/97	−0.034	+0.003	*+0.640	−0.040	+0.520	−0.052	+0.588	+0.614	3.12	0.8
	1899/00	−0.007	+0.001	+0.170	+0.030	+0.400					

Bei *M* 303 ist nach vier Monaten noch ein Fehler von 5.3 Sm festzustellen, ein an und für sich günstiges Ergebniss. Dass der Fehler sich überhaupt noch so gross gezeigt hat, liegt in der jährlichen Veränderung, verursacht durch das Uebergewicht von „$-a\,(t-t_0)$“ über „$+b\,(t-t_0)^2$“ im Jahre 1898/99. Die Temperatur-Korrektion wird daher *minus*, während 1896/97 „$+b\,(t-t_0)^2$“ grösser war als „$-a\,(t-t_0)$“, somit eine *plus* Temperatur-Korrektion erzeugt wurde.

Endergebniss.

Zur besseren Uebersicht und zur Erleichterung des Endurtheils sollen die bisherigen Ergebnisse zu einer Tabelle zusammengestellt werden.

Chr. *M*	Fehler in Sm in vier Monaten	Δa	Δb	Bemerkungen
89	12.8	+0.1360	−0.0120	**Untersuchung des Prof. Dr. Peters.**
138	11.0	+0.1178		Δa gross. } **Untersuchungen des Prof. Dr. Börgen.**
13	8.1		+0.0077	Δb gross. }
45	37.0	+0.4300		Kompensationsfehler, nicht in Betracht gezogen Δa gross.
82	37.2	+0.3120		Δa gross.
131	22.7		+0.0210	Δb gross.
303	5.3	+0.3250	−0.0010	**Untersuchungen des Chronometer-Observatoriums zu Kiel.**
258	0.8	+0.0090	−0.0007	[7]

Wie die Tabelle zeigt, schwanken die sich nach den ersten vier Monaten ergebenden Fehler zwischen 37.2 und 0.8 Sm. Hieraus erhellt, dass die durch die Veränderungen von *a* und *b* hervorgerufenen Fehler der vorausberechneten Stände eventuell so gross werden, dass sie zur Erklärung der beobachteten Fehler herangezogen werden können und dass unter ungünstigen Verhältnissen — und diese sind hier bei den Untersuchungen angenommen worden — immerhin die Veränderung der Temperatur-Korrektion nicht so gering ausfällt, dass sie ohne Einfluss auf die Schiffsrechnung bleibt.

Im allgemeinen werden die Fehler, welche Chronometer I. Klasse verursachen nur unbedeutende sein — wie hier für Chronometer *M* 258 nur 0.8 Sm nach den ersten vier Monaten — können daher unberücksichtigt bleiben.

Sollten aus irgend einem Grunde zur Ortsbestimmung Chronometer III. oder IV. Klasse benutzt werden müssen, dann ist allerdings ein durch die Veränderung von *a* und *b* erzeugter, die Schiffsrechnung beeinflussender Fehler nicht ausgeschlossen und in diesem Falle müsste vorsichtig bei der Navigirung verfahren

[7]) In der Tabelle fällt es auf, dass die angeführten Chronometer des Chronometer-Observatoriums bedeutend grössere Fehler aufweisen, als die aus der Arbeit des Professor Dr. Peters und des Observatoriums zu Wilhelmshaven entnommenen Instrumente. Der Grund ist der, dass bei den letzteren Chronometern die grösste Veränderung von *a* und *b* ausgesucht wurde, innerhalb des beschränkten Zeitraums des gerade vorliegenden einen Jahres, da andere Koeffizienten dieser Chronometer hier nicht bekannt sind, während bei den übrigen Chronometern das grösste Δa bezw. Δb herausgesucht worden ist, das überhaupt seit dem Uebergang dieser Chronometer in den Besitz der Kaiserlichen Marine aufgetreten ist — *M* 82 seit dem Jahre 1875, *M* 131 seit 1877 —. Aus der Tabelle ist ohne Weiteres der Grössen-Unterschied von Δa und Δb ersichtlich.

Digitized by Google

werden, um so mehr, wenn aus irgend einer Zusammenstellung z. B. aus der Tabelle I vorliegender Arbeit ersehen wird, dass das betreffende Chronometer bereits früher grössere Aenderung der Koeffizienten aufzuweisen hatte.[8])

Der Schlusssatz in der Arbeit des Professor Dr. Peters — Annalen der Hydrographie vom Jahre 1877 Seite 214 — nach welchem zu einer Berücksichtigung solcher Aenderungen bei der Schiffsrechnung wegen ihrer Kleinheit keine Veranlassung vorhanden ist, ergiebt sich mithin nur als zum Theil richtig, war überhaupt nicht angebracht für die von demselben Herrn angeführten Chronometer, da ja von den betreffenden Chronometern *M* 86 nach den ersten vier Monaten schon einen Fehler von 70.5 Sm, *M* 89 immerhin noch einen solchen von 12.8 Sm ergab.

2) Die Aenderung der Koeffizienten.

2) Folgen die Veränderungen bestimmten Gesetzen, nach denen man sie in der Praxis berücksichtigen und sich somit vor ihnen schützen kann?

a) Die Vorzeichen der Koeffizienten.

Zur Verfügung stehen 170 Chronometer, bei denen insgesamt 731 Fälle jährlicher Veränderung festgestellt worden sind. Werden von dieser Zahl die Fälle unbeachtet gelassen, bei denen kurz vor der Vorzeichenänderung eine neue Feder oder Spirale eingesetzt wurde bezw. wo ein Chronometer im Auslande gereinigt worden ist — 27 mal —, so bleiben immerhin noch 704 Aufzeichnungen für die Betrachtung übrig.

Trotz dieser grossen Zahl ist keine Gesetzmässigkeit in dem Sinne der Vorzeichenveränderung festzustellen, vielmehr wird es schon bei flüchtiger Uebersicht klar, dass das Vorzeichen sowohl bei *a* wie bei *b* ohne ersichtlichen Grund bald plötzlich umspringt, bald eine längere Zeit dasselbe bleibt. Nicht einmal bei demselben Instrumente lässt sich eine gewisse Gleichmässigkeit feststellen.

Dieses Ergebniss entspricht den bereits früher sowohl von Prof. Dr. Börgen als auch von Dr. Stechert nachgewiesenen Thatsachen[9]), steht aber im Gegensatze zu der Erörterung von Prof. Dr. Peters — Annalen der Hydrographie etc. vom Jahre 1877, Seite 224 — in welcher der letztere glaubt, dass in den Aenderungen, namentlich in denen von *b*, etwas Gesetzmässiges liege.

Trotz dieses negativen Ergebnisses soll doch noch untersucht werden:

a) Ob vielleicht die Tropen im allgemeinen eine besondere Einwirkung auf die betreffenden Vorzeichen ausüben,

b) ob im besonderen die Tropengegenden, welche erfahrungsgemäss am meisten auf den Gang der Chronometer einwirken, einen erkennbaren Einfluss auf die Vorzeichen der Koeffizienten haben.

[8]) Die Schiffe innerhalb der heimischen Gewässer — wie die Hagen-Klasse, Blitz, Grille, *D*-Boote u. s. w. — erhalten meistens nur Chronometer III. oder IV. Klasse an Bord. In diesem Falle hat aber eine grosse Veränderung von *a* und *b* wenig zu sagen, da die betreffenden Schiffe etc. fast in jedem Hafen ihre Stände nach einem Zeitballe reguliren können und fast immer nur ein paar Tage in See sind; bei ihnen also nie der Fall eintreten wird, dass sie erst nach drei bis vier Monaten eine neue Standregulirung vornehmen können.

[9]) Siehe Annalen der Hydrographie etc. vom Jahre 1885, Seite 52, Bericht des Professor Dr. Börgen an den Staatssekretär des Reichs-Marine-Amts vom 17. Oktober 1899 über „die Berechnung der Temperatur-Koeffizienten für die im Winter 1898/99 geprüften Chronometer", sowie Dr. Stechert „Das Marinechronometer", 1894, Seite 23.

Tab. II. **a) Einwirkung der Tropen im allgemeinen.**

Chronometer	Ort	Das Zeichen von $+a$ wird	Das Zeichen von $-a$ wird	Das Zeichen von $+b$ wird	Das Zeichen von $-b$ wird	Chronometer	Ort	Das Zeichen von $+a$ wird	Das Zeichen von $-a$ wird	Das Zeichen von $+b$ wird	Das Zeichen von $-b$ wird
M 6	Südsee	—			+	*M* 50	Ostasien		<	<	
» »	Südsee		<	<		» »	Südsee		<	<	
» »	Ostafrika		<	∞		» 51	Ostasien		>	>	
» 15	Ostafrika		<	<		» »	Westafrika		<	>	
» 20	Ostafrika		<	>		» 52	Ostasien		>	>	
» »	Südsee		>	>		» »	Ostafrika		<	<	
» 44	Südsee	∞		>		» 56	Westindien		+	<	
» 48	Westindien		>	>		» »	Ostasien	—		>	

< = kleiner. > = grösser. ∞ = unverändert.

Digitized by Google

Chronometer	Ort	Das Zeichen von $+a$ wird	Das Zeichen von $-a$ wird	Das Zeichen von $+b$ wird	Das Zeichen von $-b$ wird
M 57	Westindien		<	>	
» 58	Südamerika, Südsee		<	<	
» 64	Ostasien		<	>	
» 68	Ostasien		>	>	
» »	Westindien		+	>	
» 75	Südamerika		+	<	
» 79	Westindien	—		∞	
» 83	Ostafrika	>		<	
» 84	Australien		>	>	
» 85	Ostasien	<		<	
» 85	Ostasien, Südsee	—		<	
» 92	Südsee, Ostafrika			>	
» 97	Westindien			<	
» »	Ostafrika			>	
» 105	Westindien		>	—	
» 111	Südsee	>		—	
» »	Südsee, Ostafrika	<			+
» 112	Westindien	—		∞	
» »	Ostafrika			>	
» 116	Südsee, Ostafrika		<	>	
» 120	Westindien		>	—	
» »	Westindien	—		—	
» »	Westindien		+		+
» »	Südsee	<		<	
» 121	Ostasien	>			>
» »	Ostafrika	<			
» 123	Ostasien		>	>	
» »	Ostafrika		>	>	
» 124	West- und Ostafrika		+	<	
» »	Westindien	—		>	
» 125	Westindien		<	<	
» »	Südsee		>	>	
» 131	Ostafrika		>	>	
» »	Westindien		>	>	
» 134	Ostafrika		>	>	
» 135	Ost- und Westafrika		<	>	
» 137	Südamerika	—		>	
» »	Südsee		<	>	
» 139	Westindien, Westafrika		<	∞	
» 141	Südamerika, Südsee		+	<	
» 144	Südamerika, Ostasien		>	>	
» »	Ostasien, Ostafrika, Südsee		<	<	
» 146	Westindien		<	<	
» 151	Südamerika, Südsee		>	>	
» »	Westindien, Ostasien		+	>	
» »	Ostafrika	—		>	
» 157	Ostasien, Ostafrika	—		>	
» 164	Westafrika		>	>	
» 168	Ostasien		<	<	
» 169	Ostafrika	—		>	
» 169	Westindien		>	<	
» 179	Westindien		<	<	
» »	Ostafrika		>	>	
» 181	Westafrika		+	<	
» 182	Ostasien		>	<	
» 185	Ostasien		<	>	
» 188	Südsee		<	<	
» 190	Westafrika, Ostasien		<	<	

Chronometer	Ort	Das Zeichen von $+a$ wird	Das Zeichen von $-a$ wird	Das Zeichen von $+b$ wird	Das Zeichen von $-b$ wird
M 191	Südsee		+	—	
» »	Westindien	>			+
» »	Westindien	—		>	
» »	Ostafrika		<	—	
» »	Ostafrika		+	—	
» »	Westindien	<			>
» 192	Westafrika	—			>
» 193	Südamerika	<			+
» »	Westindien	<			>
» 194	Westindien	—			+
» »	Westindien	—			+
» »	Ostafrika	—		—	
» »	Westindien		+		>
» »	Südsee	—			+
» 196	Westindien		<	>	
» »	Westindien		<	<	
» »	Ostafrika		>	>	
» »	Südsee		>	<	
» 199	Ostasien		+	<	
» »	Westafrika	<		<	
» 209	Westafrika, Westindien		<	<	
» »	Ostafrika		+	—	
» »	Südsee		>		<
» »	Ostafrika		>		>
» 211	Südsee		>	>	
» 213	Ostafrika, Ostasien		>		+
» »	Südsee, Westafrika		<	>	
» »	Südsee		>	∞	
» 214	Ostafrika		+	>	
» »	Ostasien		<	∞	
» 215	Südsee, Ostafrika	>			+
» 216	Ostafrika	—		>	
» »	Südsee	<		>	
» 217	Südsee		>	>	
» 222	Westindien		<	<	
» »	Ostafrika		>	>	
» »	Südsee, Westafrika		<	—	
» 224	Westindien		>	>	
» »	Westindien		<	—	
» 228	Westafrika	—		∞	
» 229	Westindien		>	>	
» 230	Westindien		<	<	
» »	Ostafrika	<		>	
» 232	Ostafrika	—		>	
» 233	Ostafrika, Südsee		+	<	
» 234	Ostasien	>		—	
» 236	Westindien		>	∞	
» 237	Ostafrika, Südsee	<			+
» »	Ostafrika	>		∞	
» 238	Westindien	—		<	
» 245	Westafrika	—			+
» »	Südsee		<	<	
» 248	Westindien	<		—	
» 250	Ostafrika, Ostasien		<	—	
» »	Ostafrika		+		>
» 252	Westindien	—		>	
» 253	Südsee	—		>	
» 254	Westindien		>	>	

Digitized by Google

Chronometer	Ort	Das Zeichen von $+a$ wird	$-a$ wird	$+b$ wird	$-b$ wird	Chronometer	Ort	Das Zeichen von $+a$ wird	$-a$ wird	$+b$ wird	$-b$ wird
M 254	Südamerika		>	<		M 272	Westindien		<	>	
» 255	Ostafrika		<	—		» »	Westindien		>	<	
» »	Ostasien		>		∞	» 289	Westafrika	—			+
» 256	Westindien	—		>		» 290	Südsee		>	>	
» 257	Westindien		<	<		» 295	Westafrika	<			+
» 258	Südsee		<	<		» 297	Westafrika, Westindien		<	<	
» 259	Ostafrika, Ostasien	>		<		» 304	Westafrika		+	<	
» 260	Ostasien		>	<		» 305	Westafrika	<			+
» 262	Westindien	<		>		» 307	Westafrika		>	∞	
» 263	Südsee		>		<	» 319	Ostasien		>	>	
» 267	Südsee	<		—		» 320	Westafrika	<			∞
» 270	Westindien		+	>		» 323	Ostasien	—		<	
» 271	Südsee, Westafrika	>			+						

Nach der vorstehenden Tabelle II — ein Auszug[10]) aus der Tabelle I — ergeben sich 157 Fälle, in denen die Tropen auf die Chronometer eingewirkt haben und aus welchen wieder im besonderen folgendes zu entnehmen ist:

Koeffizient	Vorzeichen	Wird grösser	Wird kleiner	Bleibt unverändert
a	+	9	44	1
	—	45	58	—
b	+	61	59	10
	—	7	18	2

Mit Hülfe der obigen Auszüge ergiebt sich, dass „$+a$“ und „$-b$“ die Neigung aufweisen, ein entgegengesetztes Vorzeichen anzunehmen — „$+a$“ mit 83%, „$-b$“ mit 72% —, während „$-a$“ und „$+b$“ fast in demselben Verhältnisse zu- oder abnehmen.

Anmerkung: „$-a$“ verringert sich mit 56 %, „$+b$“ vergrössert sich mit 51 %.

Da „$+a$“ sowohl wie „$-a$“ im absoluten Sinne genommen, in der Mehrzahl der Fälle kleiner werden, so scheint es fast als ob a dem Werthe Null zustrebt oder dass der Koeffizient a mit zunehmendem Alter der Chronometer kleiner wird. Dieses ist aber nicht der Fall, wie später gezeigt wird. „$+a$“ hat allerdings das Bestreben, kleiner zu werden, bei „$-a$“ ist aber der Prozentsatz des Kleinerwerdens so gering — nur 6 % —, dass gesagt werden muss, „$-a$“ schwankt negativ bleibend hin und her.

Werden mit diesem Ergebnisse die Resultate verglichen, welche sich feststellen lassen, durch Zusammenstellung aller Vorzeichenveränderungen der nur ausserhalb der Tropen in Gebrauch gewesenen Chronometer (aus Tabelle I), so ergiebt sich ein beinahe gleiches Verhältniss für beider Art Chronometer.

Es wird nämlich:

Koeffizient	Vorzeichen	grösser	kleiner
a	+	85	134
	—	153	192
b	+	210	249
	—	16	51

[10]) Aus dem Auszuge geht hervor, dass die „$-a$“ und „$+b$“ vorherrschen, namentlich letztere. Es sind vorhanden 103 „$-a$“, 54 „$+a$“, 130 „$+b$“, 27 „$-b$“, mithin tritt „$-a$“ mit 65% auf, „$+b$“ sogar mit 83%.

Dass dieses Verhältniss kein zufälliges, sondern ein allgemeines ist, ergiebt sich durch entsprechende Gesamtzusammenstellung aus der Tabelle I. Es werden nach dieser gefunden 584 „$-a$“, 314 „$+a$“, 114 „$-b$“ und 784 „$+b$“, mithin ist „$-a$“ mit 65%, „$+b$“ mit 87% vertreten.

„$+a$“ tritt besonders häufig bei 41 Chronometern auf. Es sind unter diesen fast alle Fabrikanten (siehe Fussnote 11), sowie gewöhnliche als Hülfskompensation vertreten.

In betreff von „$-b$“ ist dahingegen festzustellen, dass dieses vorwiegend bei Chronometern mit Hülfskompensation vorgefunden wird (siehe Fussnote 12).

Im übrigen lässt sich weder aus dem Gange noch aus der Konstruktion der Chronometer ohne weiteres sagen, welches Vorzeichen a bezw. b erhalten werden und ist es auch nicht direkt zu sagen, welchen Ursachen „$+a$“ bezw. „$-b$“ ihren Ursprung verdanken.

Näheres über das Auftreten dieser beiden Koeffizienten und dem Verhältnisse derselben zum Gange der Chronometer siehe Fussnoten 13 und 14.

Digitized by Google

Noch deutlicher zeigt sich, dass das Ergebniss dasselbe ist, wenn, in Prozenten ausgedrückt, das soeben gefundene mit dem vorhergehenden zusammengestellt wird:

Koeffizient	Vorzeichen	wird kleiner ausserhalb der Tropen	wird kleiner innerhalb der Tropen
a	+	61 %	83 %[15])
	−	56 %	56 %
b	+	55 %	51 %
	−	76 %	72 %

[11]) Es sind vertreten: Eppner 8mal (*M* 15, 44, 69, 75, 83, 111, 139, 158), Knoblich 5mal (*M* 10, 142, 173, 193, 251), Tiede 2mal (*M* 79, 145), Bröcking 11mal (*M* 121, 155, 157, 191, 228, 231, 248, 250, 263, 266, 315), Ehrlich 10mal (*M* 209, 215, 216, 230, 237, 238, 247, 259, 262, 320), Kittel 3mal (*M* 267, 305, 321) sowie Lange und Söhne 2mal (*M* 295, 296).

[12]) Ueberwiegend tritt „$-b$" auf bei:

M 173, Knoblich, Zügelkompensation.
M 191, Bröcking, inverse Kompensation.
M 193, Knoblich, Hüfskompensation.
M 209, Ehrlich, Zügelkompensation.
M 215, „ „ „
M 231, Bröcking, Hülfskompensation.
M 234, Ehrlich, Zügelkompensation.
M 250, Bröcking, Wärme-Supplement.
M 263, Bröcking, Hülfskompensation für Wärme.
M 291, Bröcking, Airy'sche Hülfskompensation.
M 315, Bröcking, Kälte-Zügelung.
M 320, Ehrlich, Zügelkompensation.

[13]) Ein Urtheil darüber, ob ein „$-b$" oder „$+a$" auftreten wird, lässt sich nur mit Hülfe der Gänge aus der bekannten Formel für die Koeffizienten-Berechnung feststellen:

Ist g'' = dem Gange bei 30° C. = $g^{30°}$,
„ g' = „ „ „ 15° C. = $g^{15°}$,
„ g = „ „ „ 5° C. = $g^{5°}$,
„ t'' = der Temperatur bei 30° C.,
„ t' = „ „ „ 15° C.,
„ t = „ „ „ 5° C.

und wird unter Q verstanden:

$$\frac{g''-g'}{t''-t'} = \frac{g^{30°}-g^{15°}}{30°-15°}$$

sowie unter $P = \frac{g'-g}{t'-t} = \frac{g^{15°}-g^{5°}}{15°-5°}$,

so ist $Q-P = \pm b$.

Anmerkung: Diese hier zur Ableitung herangezogene Formel ist eine Näherungsformel, welche für die Zwecke der Praxis vollkommen ausreichende Resultate, für die chronometrischen Studien aber nicht genau genug ist; deshalb werden auch schon seit Jahren von dem Chronometer-Observatorium, ähnlich wie auf dem Observatorium zu Wilhelmshaven, zur Berechnung der Koeffizienten a und b Formeln benutzt, welche auf strenger Benutzung der Methode der kleinsten Quadrate beruhen.

Ein „$-b$" tritt nun in folgenden Fällen auf:

1) Wenn der Unterschied der Gänge bei 30° und 15° C grösser ist als wie bei 15° und 5° C, während beide Unterschiede das Vorzeichen *minus* aufweisen, also wenn $-Q > -P$ ist.

Beispiel: $Q = -0^s202$
$P = -0^s179$
$b = -0^s023$

2) Falls die Unterschiede der Gänge zwischen 30° und 15° C, sowie zwischen 15° und 5° C das Vorzeichen *plus* haben und der letztere grösser ist als der erstere, d. h. wenn $+Q < +P$ ist.

Beispiel: $Q = +0^s080$
$P = +0^s191$
$b = -0^s111$

3) Wenn der Unterschied bei 30° und 15° C das Vorzeichen −, der zwischen 15° und 5° C das Vorzeichen + hat also $-Q < +P$ ist,

Beispiel: $Q = -0^s009$
$P = +0^s014$
$b = -0^s023$

oder sich $-Q > +P$ zeigt.

Beispiel: $Q = -0^s050$
$P = +0^s004$
$b = -0^s054$

Nach der oben angezogenen Formel ist:

$a = P - b(t'+t-30°)$
$= Q - b(t''+t'-30°)$

Demnach ergiebt sich ein „$+a$":

1) Wenn P das Vorzeichen + und $b(t'+t-30°)$ das Vorzeichen − aufweist, oder $+Q > +b(t''+t'-30°)$ ist.

Beispiel:

P	$= +0^s008$	$Q = +0^s027$
$b(t'+t-30°)$	$= -0^s008$	$b(t''+t'-30°) = +0^s011$
a	$= +0^s016$	$= +0^s016$

2) Wenn $+P > +b(t'+t-30°)$ ist, oder wenn Q das Vorzeichen + und $b(t''+t'-30°)$ das Vorzeichen − hat.

Beispiel:

P	$= +0^s029$	$Q = +0^s005$
$b(t'+t-30°)$	$= +0^s010$	$b(t''+t'-30°) = -0^s014$
a	$= +0^s019$	$= +0^s019$

3) Wenn $-P < -b(t'+t-30°)$ ist.

Beispiel:

P	$= -0^s053$	$Q = +0^s270$
$b(t'+t-30°)$	$= -0^s115$	$b(t''+t'-30°) = +0^s208$
a	$= +0^s062$	$= +0^s062$

4) Wenn $-Q < -b(t''+t'-30°)$ ist.

Beispiel:

P	$= +0^s050$	$Q = -0^s005$
$b(t'+t-30°)$	$= +0^s021$	$b(t''+t'-30°) = -0^s034$
a	$= +0^s029$	$= +0^s029$

[14]) Mit Hülfe der zahlreichen im Gangbuche enthaltenen Fälle hat sich das folgende Verhältniss zwischen Vorzeichen der Koeffizienten a und b und dem Verhalten der Chronometer bei niedrigen Temperaturen feststellen lassen:

1) „$-a$" „$+b$" Chronometer bleibt zurück.
2) „$+a$" „$-b$" „ geht vor.
3) „$-a$" „$-b$" „ bleibt zurück, falls $b(t-15°)^2$ nicht $> a(t-15°)$ ist.
4) „$+a$" „$+b$" „ geht vor, falls $b(t-15°)^2$ nicht $> a(t-15°)$ ist.

[15]) Hiernach scheinen die Tropen etwas stärker auf die Verringerung von „$+a$" einzuwirken.

Digitized by Google

b) Einfluss von Westafrika und von der Südsee auf die Chronometer.

Erfahrungsgemäss üben Westafrika und die Südsee durch den dort herrschenden grossen Feuchtigkeitsgehalt einen besonders starken Einfluss auf den Chronometergang aus und zwar in retartirendem Sinne.

Werden nun aus dem für diese Gegenden leider nur in geringem Maasse zur Verfügung stehenden Material in gleicher Weise wie vorher die „+" bezw. „$-a$" und „b" zusammengestellt, so ergiebt sich für Westafrika:

Koeffizient	Vorzeichen	wird grösser	wird kleiner	bleibt unverändert
a	+	1	8	—
	—	2	10	1
b	+	4	7	3
	—	1	6	1

für die Südsee:

a	+	1	8	1
	—	12	13	—
b	+	14	14	2
	—	—	5	— [16]

Abermals zeigt sich: „$+a$" und „$-b$" haben das Bestreben, das entgegengesetzte Vorzeichen anzunehmen (mit 88 und 89 bezw. 86 und 100%).

„$-a$" und „$+b$" halten sich für die Südsee das Gleichgewicht, für Westafrika zeigen sie jedoch die Neigung sich zu verkleinern (mit 85 bezw. 64%).

Gesamtergebniss.

Das Gesamtergebniss ist:

Auf die Vorzeichen der Koeffizienten üben weder die Tropen noch die andern Gegenden einen bemerkbaren Einfluss aus; dieselben verändern sich ohne jede Gesetzmässigkeit. Im allgemeinen strebt a dahin, negative Vorzeichen anzunehmen, und wenn es sie erreicht hat, schwankt es negativ bleibend hin und her. b strebt nach positiven Vorzeichen und schwankt dann hin und her positiv bleibend. In Westindien jedoch haben sowohl a wie b die Neigung dem Werthe Null zuzustreben.

β) Die Grössenänderung der Koeffizienten a und b.

Ist diese Aenderung bestimmten Regeln unterworfen?

Wird in der Tabelle I die jährliche Grössenänderung der Koeffizienten einer Untersuchung unterzogen, so ist ohne weiteres zu ersehen, dass dieselbe, ähnlich wie die Art des Vorzeichens, willkürlich wechselt, keiner Gesetzmässigkeit unterworfen ist. Dementsprechend müssen die eine Veränderung bewirkenden Kräfte die Koeffizienten ganz verschieden beeinflussen. Es fragt sich nun, ist dieser Einfluss wirklich derartig, dass er sich der Beurtheilung entzieht bezw. wirkt er so verschieden, dass es nicht gelingt, bestimmte Regeln aufzustellen?

In der Einleitung wurde bereits erwähnt, dass die Grössenänderung der Koeffizienten abhängt von der Veränderung des Metallmaterials bezw. des Ausdehnungs- sowie Elastizitätskoeffizienten desselben. Das Metallmaterial kann nun eine Veränderung erleiden durch Erschütterungen und Stösse, durch Temperatur-Einwirkung und durch den Einfluss der Feuchtigkeit.

Das Gefüge des Metalls namentlich des Stahls ändert sich mit der Zeit durch die dauernden gleichmässigen Erschütterungen, denen es bei dem Gebrauche ausgesetzt ist — eine Thatsache, welche nach Dr. Stechert dadurch bewiesen ist, dass das ursprünglich faserförmige Gefüge des Metalls in den Bruchflächen nach und nach eine krystallinische Gestalt annimmt —; treten starke Erschütterungen oder plötzliche Stösse hinzu, so wird die erwähnte Umbildung beschleunigt.

Eine gleiche Wirkung übt ein schroffer Temperaturwechsel aus. Es ist selbstverständlich, dass eine andere Lagerung der Moleküle auch eine andere Ausdehnungsfähigkeit der Metalle verursacht, dass sich mithin auch der Ausdehnungkoeffizient ändert.

[16] Es zeigt sich, dass „$-a$" und „$+b$" vorherrschen mit 59 und 71% bezw. 64 und 81%.

Digitized by Google

Wird das Metallgefüge ein anderes, so muss sich auch die Elastizität des betreffenden Metalls ändern; mithin wird sich die Elastizität des Materials mit der Zeit, namentlich bei schroffem Temperaturwechsel, ändern.

Die Feuchtigkeit schliesslich bewirkt eine Oxydation des Metalls, wodurch wiederum die Elastizität verringert, das Gefüge selbst gelockert wird.

Die Wirkung dieser drei angeführten Grössen — plötzliche Erschütterung, schroffer Temperaturwechsel und Oxydation verursacht durch grosse Luftfeuchtigkeit — hängt von den verschiedensten Umständen ab und tritt so verschiedenartig auf, dass sie unberechenbar ist, sich jeder Beurtheilung entzieht, jedenfalls sich nicht unter bestimmte Regeln fügen lässt. Das eine Material wird anders von ihnen beeinflusst, wie das andere; ein Chronometer wird sich daher anders verhalten wie ein anderes. Selbst Chronometer, welche von demselben Chronometermacher zu beinahe derselben Zeit angefertigt und von der Kaiserlichen Marine zu derselben Zeit angekauft worden sind, von denen man also wohl annehmen kann, dass das Material von der gleichen Art und Güte ist, zeigen verschiedene Veränderungen von a und b.

Als Beispiel mögen folgende Chronometer dienen:

Chronometer Eppner No. 159 (M 15) und Eppner No. 163 (M 41) beide im Jahre 1876 angekauft, beide nur in der Ost- und Nordsee benutzt, zeigen schon von Anfang an ganz verschiedene Grössenänderungen von a und b. So ist die grösste Veränderung von a bei M 15 $= -0^{s}.0660$, bei M 41 $= -0^{s}.1337$, von b bei M 15 $= +0^{s}.0070$, bei M 41 $= -0^{s}.0110$.

Die Chronometer Bröcking No. 917 (M 190), Bröcking No. 937 (M 191), Bröcking No. 940 (M 192) sind alle drei am 13. Juli 1880 von der Kaiserlichen Marine angekauft worden; dieselben sind mit inverser Hülfskompensation versehen und jedenfalls auch alle drei ziemlich zu derselben Zeit angefertigt worden. Trotzdem zeigen ihre Temperatur-Koeffizienten a und b ein ganz verschiedenes Verhalten.

Es lässt sich hieraus ersehen, dass für die Grössenänderungen von a und b keine bestimmten Regeln aufzuführen sind.

Einwirkung der Tropen.

Ebenso wie bei der Betrachtung des Vorzeichens soll auch hier geprüft werden, ob die Tropen und im besonderen die durch grossen Niederschlag bekannten Gegenden (Westafrika bezw. die Südsee) einen wahrnehmbaren Einfluss auf die Grössenänderung von a und b ausüben.

Zu dem Zwecke sind aus der Tabelle I die grössten und kleinsten Aenderungen der betreffenden Koeffizienten ausgezogen worden, um daraus zu ersehen, wo die grösste Aenderung stattgefunden hat, ob in den Tropen, ob in den heimischen Gewässern.[17])

Anmerkung: In den Fällen, wo an den Chronometern Reparaturen etc. stattgefunden haben, sind die betreffenden Veränderungen unberücksichtigt geblieben.

Art der Aenderung	Koeffizient	Heimische Gewässer	Tropen	davon in Westafrika bezw. Südsee	Unbekannte Gegenden
grösste	a	38	22	7	65
	b	42	26	9	57
kleinste	a	37	35	14	53
	b	35	38	13	52

Aus der Zusammenstellung wird ersehen, dass die grösste Aenderung von a und b nicht in den Tropen stattgefunden hat, sondern während des Aufenthaltes in den heimischen Gewässern.

In Prozenten ausgedrückt ist die grösste Aenderung von a für die heimischen Gewässer mit 63 %, die von b mit 64 % vertreten; Westafrika und die Südsee ergeben trotz des grossen Feuchtigkeitsgehaltes nur 12 bezw. 13 %.

[17]) Unter „heimische Gewässer" sind hier alle ausserhalb der Tropen liegenden Gewässer bezw. Gegenden zu verstehen. In der letzten Spalte sind der Vollständigkeit halber die Fälle aufgeführt worden, bei denen die Gegend des Aufenthaltortes der Chronometer nicht auszumachen war. Für die Untersuchung ist die betreffende Spalte unverwerthbar.

Digitized by Google

Die kleinste Aenderung wird ebenso oft in den heimischen Gewässern als in den Tropen gefunden. Für *a* sind die Prozentzahlen 51 : 49, für *b* 48 : 52, während Westafrika und die Südsee abermals nur mit 19 bezw. 18% vertreten sind.

Hieraus ergiebt sich: Die Tropen — einschliesslich Westafrika und die Südsee — üben keinen besonders grossen Einfluss auf die Veränderung der Koeffizienten *a* und *b* aus, im Gegentheil die grösste Veränderung tritt bei Einflüssen auf, welche die heimischen Gewässer auf die Chronometer ausüben.

Endergebniss.

Das Endergebniss aller dieser Betrachtungen ist, dass die Aenderungen von *a* und *b* keinen bestimmten Gesetzen folgen, dass man sie daher in der Praxis nicht berücksichtigen und sich somit nicht vor ihnen schützen kann.

γ) Vergrösserung der Koeffizienten mit dem Alter der Chronometer.

Sind bisher die für die Navigirung wichtigen Veränderungen betrachtet worden, so soll im Anschluss daran noch ins Auge gefasst werden, ob die Vergrösserung der Koeffizienten mit dem Alter der Chronometer zusammenhängt.

In Betracht ziehen lassen sich 113 Chronometer. Werden von diesen die Ergebnisse in einer Tabelle zusammengestellt, so erhält man:

Koeffizient	wird grösser	wird kleiner	bleibt unbestimmt	bleibt sich gleich
a	38 = 34%	16 = 14%	56 = 49%	3 = 3%
b	26 = 23%	9 = 8%	42 = 37%	36 = 32%

Anmerkung. Unter unbestimmt ist zu verstehen, dass der Koeffizient bald grösser, bald kleiner wird, daher keine Neigung zum „Grösser- oder Kleinerwerden" festzustellen ist.

Die Fälle, in denen die Neigung von *a* unbestimmt bleibt, sind überwiegend — 49% der Gesamtsumme, — während im übrigen der Koeffizient mit 34% ein bestimmtes Bestreben zeigt, sich mit dem Alter zu vergrössern und nur 14% auf Verkleinerung gehen.

Es kann daher gesagt werden: *a* vergrössert sich im allgemeinen nicht mit dem Alter; bei Chronometern jedoch, welche ein bestimmtes Veränderungsbestreben zeigen, überwiegt die Neigung, mit dem Alter grösser zu werden.

Anmerkung. In 54 Fällen zeigt *a* ein bestimmtes Veränderungsbestreben, und von diesen wiederum sind 70% auf eine Vergrösserung von *a* mit der Zeit gerichtet.

Für *b* ist ein beinahe ebenso grosses Bestreben zu erkennen „gleich", d. h. an Grösse unverändert, wie „unbestimmt" zu bleiben. Beide Fälle erreichen zusammen 69%, so dass nur noch 31% für bestimmte Veränderungsbestreben übrig sind. Bei letzteren überwiegt abermals die Neigung, sich mit der Zeit zu vergrössern — von 38 Fällen 74%. —

Ueber das Verhalten von *b* ist dementsprechend, wie folgt, zu urtheilen;

Die Veränderungsart des Koeffizienten *b* mit dem Alter ist in den meisten Fällen als eine unbestimmte zu bezeichnen, bezw. gleich Null. In den selten auftretenden Fällen eines bestimmten Veränderungsbestrebens liegt eine Neigung zur Vergrösserung vor.

Nachdem im allgemeinen das Verhalten der Koeffizienten festgestellt worden ist, soll noch im besonderen betrachtet werden, ob die Art der Kompensation einen merkbaren Einfluss auf die Vergrösserung oder Verkleinerung der Koeffizienten ausübt.

Unter den 113 Chronometern befinden sich 66 mit gewöhnlicher, 47 mit Hülfskompensation, die folgendes ergeben:

Gewöhnliche Kompensation.

Koeffizient	wird grösser	wird kleiner	bleibt unbestimmt	bleibt sich gleich
a	23 = 35%	11 = 17%	30 = 45%	2 = 3%
b	12 = 18%	6 = 9%	27 = 41%	21 = 32%

Digitized by Google

Hülfskompensation.

Koeffizient	wird grösser	wird kleiner	bleibt unbestimmt	bleibt sich gleich
a	15 = 32%	5 = 11%	26 = 55%	1 = 2%
b	14 = 30%	3 = 6%	15 = 32%	15 = 32%

Werden die Grössen *a* und *b* in den Tabellen mit einander verglichen, so zeigt sich, dass für *a* bei beiden Kompensationsarten das Bestreben, sich mit der Zeit zu vergrössern, ungefähr gleich gross ist, während der Koeffizient bei Chronometern mit gewöhnlicher Kompensation eine um ein Geringes grössere Neigung aufweist, sich nach und nach zu verkleinern.

b giebt für Chronometer mit Hülfskompensation ein auffälliges Bestreben kund, sich zu vergrössern (30% gegen 18%), ein Bestreben, welches fast eben so gross ist wie das unverändert zu bleiben.

Dementsprechend scheint die gewöhnliche Kompensation eine für den Koeffizienten *b* bessere Konstruktion zu sein, während im übrigen die Verhältnisse dieselben bleiben, wie sie vorher nach der Gesamttabelle gefunden worden waren, auch für *b* bei der Hülfskompensation, das immerhin noch mit 64% sich bestrebt, gleich bezw. unbestimmt zu bleiben.

Es zeigt sich also, dass sowohl Koeffizient *a* wie *b* in den meisten Fällen keine Neigung zeigen, sich mit dem Alter zu vergrössern; ein Ergebniss, das befremdlich erscheint, da man annehmen müsste, dass die Chronometer im Laufe der Zeit sich verschlechtern und der Glaube nahe liegt, dass je schlechter ein Chronometer ist, um so grösser auch die Koeffizienten sind. Wenngleich aus dem vorhandenen Material hierselbst festgestellt worden ist, dass Chronometer I. Klasse nie grosse Koeffizienten aufweisen, so sind jedoch Chronometer IV. Klasse, wenn auch nur wenige, vorgefunden worden, die kleine Temperatur-Korrektionen haben.

Ob die Koeffizienten sich wirklich nicht mit dem Alter der Chronometer vergrössern, kann bei den dem hiesigen Observatorium zur Verfügung stehenden Chronometern nicht festgestellt werden, da das Material der in der Kaiserlichen Marine in Gebrauch befindlichen Chronometer ein derartig gutes, bezw. starkes, und die Behandlung, welcher dieselben in der Marine unterworfen werden — rechtzeitige Neuölung, sofortige Ersetzung selbst der kleinsten schadhaften Theile durch neue u. s. w., — eine derartig sachgemässe ist, dass selbst die Zeit als zu kurz angenommen werden muss, während welcher unsere ältesten, augenblicklich noch in Benutzung befindlichen Chronometer in Gebrauch sind — ungefähr 26 Jahre — und dass dementsprechend eine wahrnehmbare Verschlechterung nur an wenigen Chronometern festzustellen ist.[18]) Letzteres gilt in der Hauptsache für die in den 70er Jahren angekauften Chronometern und zwar namentlich für diejenigen, über welche schon damals als „schlecht kompensirt" geklagt wurde, als wie *M* 49 (Tiede No. 304), *M* 56 (Tiede No. 265), *M* 57 (Tiede No. 368) und *M* 60 (Eppner No. 143). Von diesen soeben aufgeführten Chronometern sind nur noch die anfänglich zur I. Klasse gehörigen *M* 56 als IV. Klasse, sowie *M* 57 als Beobachtungs-Chronometer im Gebrauch. Im übrigen sei als Beweis, wie gut sich die Chronometer erhalten haben, folgendes erwähnt:

Von den in dieser Arbeit aufgeführten, während der Jahre 1874—1879 in den Besitz der Marine übergegangenen älteren Chronometern sind noch

I. Klasse	II. Klasse	III. Klasse	IV. Klasse
1[19])	20	19	22

und 5 Beobachtungs-Chronometer.

Wird das Verhalten der Koeffizienten dieser Chronometer im besonderen zusammengestellt, so findet man:

Koeffizient	wird grösser	wird kleiner	bleibt unbestimmt	bleibt sich gleich [20])
a	23 = 37%	10 = 15%	28 = 44%	3 = 4%
b	10 = 15%	6 = 9%	23 = 37%	25 = 39%

[18]) Abgesehen von einigen Chronometern, deren Uebergang in die Kaiserliche Marine nicht bestimmbar ist, sind *M* 51 (Knoblich No. 74) und *M* 252 (Tiede No. 384) die ältesten zu den Beständen des hiesigen Chronometer-Observatoriums gehörigen Chronometer. Von diesen zwei, im Jahre 1874 in den Besitz der Kaiserlichen Marine übergegangenen Chronometern, dient das erstere augenblicklich als Beobachtungs-Chronometer, während das letztere aus der Temperatur-Untersuchung der Jahre 1897/98 noch als ein Chronometer II. Klasse hervorging.

[19]) *M* 121, 1878 angekauft.

[20]) Es sind nur 64 Chronometer in Betracht gezogen worden, da von drei Instrumenten zu wenig Material vorhanden ist.

Digitized by Google

Aus der Tabelle ist zu ersehen, dass von den vier hier unterschiedenen Fällen das „unbestimmt zu bleiben" für *a* überwiegt — 44% der Gesamtsumme; — ein bestimmtes Veränderungsbestreben tritt nur in wenig vermehrtem Maasse auf — mit 4% — verglichen mit der ersten in dieser Abhandlung *γ* aufgeführten Tabelle.

Von 33 Fällen sind 73% auf Vergrösserung gerichtet, während es vorher 70% waren. Daraus erhellt, dass kein Unterschied festzustellen ist, zwischen dem Verhalten von *a* bei den ältesten und bei den neueren Chronometern.

Für *b* macht sich eine geringere Neigung zur Vergrösserung bemerkbar — 15% gegen 23%, — während ein Bestreben, sich nicht zu verändern, im umgekehrten Sinne — 39% zu 32% vorher — erkennbar ist. Im übrigen verhält sich *b* ähnlich wie die früheren Feststellungen ergaben.

Aus dem Ganzen ist ersichtbar, dass auch bei den ältesten Chronometern die Zeit keinen Einfluss auf eine merksame Vergrösserung der Koeffizienten ausgeübt hat.[21])

In der Praxis ward gefunden, dass die Chronometer sich inbezug auf die Klassifizirung durchaus verschieden verhalten, einige werden mit der Zeit schlechter, einige bleiben in Güte gleich, einige, allerdings der geringere Theil, werden sogar mit der Zeit besser, wie die Tabelle III zeigt.

[21]) Als ein Zeichen für die wirkliche Güte des zu den Chronometern verwandten Materials sei hier angeführt, dass, wenn Reparaturen nöthig werden, ein Fall, der verhältnissmässig selten eintritt, zum grössten Theile nur die Zugfeder, seltener die Spirale zu ersetzen ist. Letztere muss nur bei starker Verrostung erneuert werden, da dann ein Bruch derselben zu befürchten ist. Ein Springen der Zugfeder verursacht zeitweise auch ein Zerreissen der Kette und damit die Nothwendigkeit, letztere zu repariren.

Kleinere Reparaturen sind bis jetzt nur aufgetreten durch Losewerden des Minutenzeigers, Einfressen des Zapfenlagers, verursacht durch verharztes Oel und im besonderen bei den älteren Kittel'schen Chronometern durch Bruch eines Zahnes an dem noch anfänglich zu schwachen Federhause.

Ein Ersatz von Rädern, wegen Abnutzung derselben, ist bisher, soweit hier bekannt ist, noch nie eingetreten.

Tab. III. Chronometer I. Klasse.

Chr. *M*	Angekauft	Jahr der ersten Klassifizirung*)	Klasse am 1. Januar 1901	Chr. *M*	Angekauft	Jahr der ersten Klassifizirung*)	Klasse am 1. Januar 1901	Chr. *M*	Angekauft	Jahr der ersten Klassifizirung*)	Klasse am 1. Januar 1901
36	1876	1892	II	218	1885	—	I	272	1893	—	I
57	1876	—	Beobacht.-Chr.	222	1885	—	III	280	1894	—	III
68	1883	—	II	224	1886	—	I	289	1895	—	I
120	1878	1889	II	228	1886	—	II	290	1895	—	III
134	1882	1887	II	229	1886	—	II	291	1895	—	I
155	1879	—	II	231	1886	—	II	295	1896	—	II
190	1880	1884	IV	234	1890	—	I	297	1896	—	II
191	1880	—	I	237	1887	—	II	300	1896	—	I
193	1880	—	IV	238	1887	—	I	303	1896	—	I
194	1885	—	I	258	1891	—	I	312	1897	—	I
196	1880	—	I	259	1891	—	I	314	1897	—	I
209	1883	—	IV	260	1891	—	II	324	1898	—	I
211	1884	—	I	262	1891	—	I	328	1898	—	I
213	1884	—	IV	263	1891	—	II	329	1898	—	I
214	1884	—	II	269	1892	—	III	331	1898	—	I
215	1884	—	III	270	1892	—	II	332	1898	—	I
216	1885	—	I	271	1892	—	IV				

Chronometer II. Klasse.

2	1876?	1884	IV	50	1876	1891	II	69	1877	1889	III
20	1876?	1886	III	52	1881?	1890	III	79	1876	1892	III
25	1876?	1886	II	56	1876	1890	IV	84	1876	1886	IV
34	1876?	1886	II	62	1876	1895	IV	92	1876	1890	IV

*) Falls beim Ankauf keine Klassifizirung stattgefunden hat, ist in dieser Spalte das Jahr der ersten Klassifizirung angegeben worden.

Digitized by Google

Chr. M	Angekauft	Jahr der ersten Klassifizirung*)	Klasse am 1. Januar 1901	Chr. M	Angekauft	Jahr der ersten Klassifizirung*)	Klasse am 1. Januar 1901	Chr. M	Angekauft	Jahr der ersten Klassifizirung*)	Klasse am 1. Januar 1901
104	?	1886	IV	169	1880	—	IV	256	1890	1894	II
110	1892	—	II	173	1880	—	II	266	1891	—	I
121	1878	1884	I	179	1880	1887	III	277	1893	—	II
123	1878	1887	III	182	1880	1887	II	284	1894	—	I
124	1878	1887	IV	185	1880	1887	II	299	1896	—	I
127	1886	—	I	192	1880	1884	II	302	1896	—	I
135	1878	1887	II	219	1885	—	IV	304	1896	—	I
137	1878	1884	III	220	1885	1894	IV	305	1896	—	III
139	1878	1884	Beobacht.-Chr.	230	1886	1889	I	307	1896	—	IV
141	1878	1886	III	232	1886	1890	III	315	1897	—	I
148	1878	1888	III	236	1890	1894	II	317	1897	—	III
151	1879	1884	III	245	1888	1894	I	322	1897	—	II
157	1879	1894	II	252	1874	1889	II	323	1897	—	II
158	1879	1890	IV	254	1890	—	II	333	1898	—	I
164	1879	1884	IV	255	1890	—	II	335	1898	—	III
				Chronometer III. Klasse.							
3	?	1896	III	93	1876	1886	III	145	1878	1885	II
6	?	1891	II	97	1876	1890	III	146	1878	1888	IV
18	1876?	1888	III	100	1877	1891	IV	181	1880	1890	II
30	1876?	1885	II	101	1877	1891	III	186	1880	—	III
41	1876	1887	III	103	?	1891	IV	199	1881	1887	III
48	1876	1888	IV	105	1876	1890	III	203	1881	1886	II
55	1876	1894	II	109	?	1887	IV	233	1887	1890	II
58	1876	1888	IV	112	1876	1886	II	248	1890	1896	I
75	1876	1889	IV	116	1877	1886	III	250	1890	1894	III
78	1876	1890	IV	122	1878	—	II	253	1885	1892	IV
82	1876	1891	III	125	1878	1893	III	267	1891	1895	III
83	1876	1890	IV	131	1878	1891	IV	319	1897	—	durchgefallen
87	1876	1886	IV	140	1878	1889	II	320	1897	—	I
88	1876	1885	II	142	1878	1886	II	321	1897	—	III
				Chronometer IV. Klasse.							
10	1876?	1885	IV	64	1876	1889	II	144	1878	1890	IV
15	1876	1890	II	85	1877	1884	III	188	1880	1890	IV
44	1877	1890	IV	96	1876?	1881	Beobacht.-Ch.	251	1885	1892	Beobacht.-Ch.
51	1874	1890	III	106	?	1892	III				

*) Falls beim Ankauf keine Klassifizirung stattgefunden hat, ist in dieser Spalte das Jahr der ersten Klassifizirung angegeben worden.

Tabelle III giebt an, welcher Klasse die in Tabelle I aufgeführten Chronometer bei dem Ankaufe bezw. der ersten Klassifizirung angehörten und in welcher Klasse sie sich am 1. Januar 1901 befanden.

Die Tabelle III zeigt Folgendes. Es sind geworden:

von	besser	gleich geblieben	schlechter
50 Chr. I. Kl.	—	24	26
57 » II. »	11	18	28
42 » III. »	14	15	13
11 » IV. »	5	4	2
Sa. 160 Chron.	30	61	69 [22])

[22]) Von den 160 in Betracht gezogenen Chronometern sind:
besser geworden ... = 19%
gleich geblieben .... = 38%
schlechter geworden = 43%

Digitized by Google

Die Gründe für das Schlechterwerden der Chronometer bezw. für das Gleichbleiben an Güte sind schon vorher angeführt worden; das eigenthümliche Verhalten, dass Chronometer mit der Zeit an Güte besser werden, hat wohl darin seinen Grund, dass die immerhin trotz sorgfältiger Anfertigung vorhandenen kleinen Rauheiten des neuen Werkes sich mit der Zeit abglätten und daher das letztere leichter arbeitet, sowie dass die starke durch das Biegen der Spiralenden veranlasste Anfangsspannung der neuen Spirale — Acceleration verursachend — sich verringert. Dementsprechend müssten eigentlich alle Chronometer mit der Zeit besser werden, dass dies aber nicht der Fall ist, hat vermuthlich seinen Grund in einer schlechteren Kompensation, bewirkt durch weicheres, daher durch äussere Einflüsse leichter zu beeinflussendes Material.

Wenn auch der Koeffizient *a* sich, wie vorher gefunden worden ist, mit dem Alter des Chronometers im allgemeinen nicht vergrössert, so ist doch, abgesehen von wenig Ausnahmefällen, ein Wachsen desselben nachweisbar mit der Güteverschlechterung des Chronometers, d. h. mit dem Gelangen in eine niedere Klasse, während bei dem Koeffizienten *b* dieser Fall nicht festzustellen ist.

Zum Beweise soll in der folgenden Tabelle, klassenweise geordnet, das Verhalten der Koeffizienten *a* und *b* für sämtliche zur Verfügung stehenden Chronometer zusammengestellt werden.

Es können berücksichtigt werden 132 Chronometer und zwar:

Chronometer I. Klasse 19
» II. » 44
» III. » 30
» IV. » 33
Beobachtungs-Chronometer .. 6

Dieselben ergeben:

Klasse der Chronometer	*a* wird grösser	*a* wird kleiner	*a* bleibt unbestimmt	*a* bleibt sich gleich	*b* wird grösser	*b* wird kleiner	*b* bleibt unbestimmt	*b* bleibt sich gleich
I	4 = 20%	3 = 16%	6 = 32%	6 = 32%	3 = 16%	5 = 26%	3 = 16%	8 = 42%
II	16 = 36%	4 = 9%	20 = 46%	4 = 9%	17 = 39%	3 = 7%	12 = 27%	12 = 27%
III	15 = 50%	1 = 3%	11 = 37%	3 = 10%	11 = 37%	1 = 3%	9 = 30%	9 = 30%
IV	18 = 55%	3 = 9%	8 = 24%	4 = 12%	9 = 27%	5 = 15%	9 = 27%	10 = 31%
Beob.-Chr.	4 = 67%	—	2 = 33%	—	3 = 50%	—	2 = 33%	1 = 17%

Aus der Liste ist deutlich ersichtlich, wie bei dem Koeffizienten *a* mit dem Gelangen der Chronometer in eine niedere Klasse auch das Bestreben wächst, sich zu vergrössern, während bei *b* das Verhalten hin und her schwankt.

Mithin kann als Ergebniss dieser Abhandlung gesagt werden:

Das Verhalten des Koeffizienten *a* richtet sich nicht nach dem Alter der Chronometer, sondern nach der Güte der Chronometer. Je minderwerthiger ein Chronometer ist, d. h. in je niederer Klasse dasselbe sich befindet, um so mehr wächst auch der Koeffizient *a*.

Der Koeffizient *b* richtet sein Verhalten nicht nach der Güte der Chronometer, er verändert sich im allgemeinen wenig. Die Veränderungen selber sind unbestimmt und schwanken hin und her. Eine Vergrösserung mit der geringeren Klasse lässt sich nicht feststellen, wohl aber, dass bei *b*, in dem Falle, in welchem derselbe ein bestimmtes Veränderungsbestreben zeigt, sich auch das Bestreben bemerkbar macht, sich zu vergrössern.

3. Stellen sich im Mittel grössere Koeffizienten bei einfacher oder bei Hülfs-Kompensation heraus?

Welche Kompensationsart ist für die Praxis vortheilhafter?

3) Sind die Veränderungen bei verschiedenen Kompensationsarten bezw. Fabrikanten verschieden gross und ergiebt sich daraus ein Uebergewicht einer Kompensationsart, die sie für die Praxis besser erscheinen lässt als die andere?

Ein Chronometer ist um so besser je geringer die Veränderungen der Koeffizienten *a* und *b* sind. Bei einem idealen Chronometer müssen diese gleich Null sein. Eine grosse Koeffizienten-Aenderung zeigt, dass

Digitized by Google

das Material des betreffenden Chronometers den Temperatureinflüssen stark unterworfen ist, dass daher die Kompensation nicht genügend wirkt.

Grosse Koeffizienten *a* und *b* sind meistens ein Zeichen grosser Gangänderung bei Temperaturschwankungen, weil durch dieselben, unter gewöhnlichen Umständen, grosse Temperatur-Korrektionen erzeugt werden, welche wiederum bei Temperaturschwankungen auch den täglichen Gang des Chronometers wesentlich beeinflussen.

Es wird sich wohl ein jeder wünschen, dass die Temperatur-Korrektionen seiner Chronometer recht kleine sind; ein Kriterium für die Güte der Chronometer sind grosse Koeffizienten jedoch nicht, solange *a* und *b* innerhalb gewisser Grenzen bleiben, da durch die Anwendung der bekannten Grössen der Temperatur-Korrektion die Fehler eliminirt werden können. Ein mit grossen aber sich stets an Höhe gleichbleibenden Koeffizienten behaftetes Chronometer kann immerhin zu den zuverlässigen, wenn auch nicht zu den erstklassigen Chronometern gerechnet werden; verändert sich der Koeffizient nicht, so muss der Gang und hiermit der errechnete Stand stets richtig, wenn auch gross sein, natürlich nur soweit der Fehler im Gange von den Temperatureinflüssen abhängt; dahingegen werden grosse Koeffizientenänderungen — falls deren Grösse, wie es fast immer der Fall sein wird, nicht bekannt ist — auch grosse Veränderungen des Ganges bezw. dementsprechende Fehler in demselben ergeben. — Vergleiche: Fehler des berechneten Standes durch Veränderung des Koeffizienten *a* und *b* (1.).

Die Grösse der Koeffizientenänderung ist also ein Zeichen der Güte der betreffenden Chronometer, während inbezug auf die Grösse der Koeffizienten selbst zu sagen ist: „Je kleiner die Koeffizienten sind, um so mehr wird das Instrument für den Gebrauch in der Praxis bevorzugt werden.“ Um daher Schlüsse auf die Art der Kompensation ziehen zu können, muss neben der grössten jährlichen Veränderung auch die Grösse der Koeffizienten betrachtet werden.

Zu diesem Vergleiche sollen in der Hauptsache nur die bis zum Jahre 1885 angekauften Chronometer herangezogen werden, da nach dieser Zeit, soweit das hiesige Chronometer-Observatorium in Betracht kommt, nur noch vier Chronometer mit gewöhnlicher Kompensation in den Besitz der Kaiserlichen Marine übergegangen sind — *M* 307 (Schlesicky No. 3012), *M* 319 (Diedrich No. 28), *M* 326 (Ehrlich No. 764) und *M* 330 (Ehrlich No. 765).

Bis zu dem angegebenen Jahre stehen zur Besprechung 60 Chronometer mit gewöhnlicher Kompensation, sowie 30 Chronometer mit Hülfskompensation zur Verfügung, also ein genügendes Material.

Siehe Tabelle IVa und IVb und Fussnote 23.

Tab. IVa. Gewöhnliche Kompensation.

M No.	Angekauft	Fabrikant	*a* grösstes	*a* kleinstes	*a* jährl. Veränderung grösste	*a* jährl. Veränderung kleinste	*b* grösstes	*b* kleinstes	*b* jährl. Veränderung grösste	*b* jährl. Veränderung kleinste
2	76?	Frodsham	−0.1428	−0.0211	+.01217	−0.0012	+0.0174	+0.0042	+0.0122	−0.0001
6	?	Eppner	+ .2972	− .1170	+ .0496	− .0007	+ .0220	+ .0041	− .0095	0
10	76?	Knoblich	+ .1970	− .0044	+ .0710	− .0080	+ .0100	+ .0020	− .0040	+ .0001
15	76?	Eppner	+ .2210	+ .1040	− .0660	+ .0047	+ .0240	+ .0090	− .0070	0
18	76?	Eppner	− .1990	− .0060	− .0405	+ .0213	+ .0230	− .0030	+ .0045	− .0020
20	76	Eppner	− .2270	− .0520	+ .0373	+ .0020	+ .0180	+ .0070	− .0020	0
25	76	Eppner	+ .0880	+ .0130	− .0845	+ .0113	+ .0140	+ .0080	− .0050	+ .0005
34	76	Tiede	+ .1450	+ .0130	+ .0420	− .0175	+ .0140	+ .0050	− .0040	− .0003
36	76	Eppner	− .2180	− .0390	+ .0353	+ .0110	+ .0210	+ .0060	+ .0033	+ .0007
41	76	Eppner	− .3990	+ .0020	+ .0513	− .0047	+ .0210	+ .0050	− .0110	− .0015
44	77	Eppner	+ .0620	− .0250	+ .0670	0	+ .0200	+ .0100	− .0100	0
48	76	Tiede	− .3500	− .0650	− .0530	+ .0047	+ .0250	+ .0080	− .0030	0
50	76	Tiede	− .2120	0	− .0190	− .0020	+ .0140	0	− .0007	− .0003
51	74	Knoblich	− .1600	− .0420	—	—	+ .0230	+ .0070	—	—
52	81	Nieberg	− .3780	+ .0130	+ .0605	− .0130	+ .0240	+ .0010	− .0033	+ .0020
55	76	Eppner	+ .0910	− .0260	+ .1100	+ .0027	+ .0180	+ .0090	− .0075	+ .0002
57	76	Tiede	− .3260	− .0340	+ .1290	+ .0088	+ .0250	+ .0060	− .0095	− .0006
58	76	Seevill.	− .4610	− .0840	+ .0817	+ .0015	+ .0160	+ .0010	+ .0050	− .0002

Digitized by Google

M No.	Angekauft	Fabrikant	*a* grösstes	*a* kleinstes	*a* jährl. Veränderung grösste	*a* jährl. Veränderung kleinste	*b* grösstes	*b* kleinstes	*b* jährl. Veränderung grösste	*b* jährl. Veränderung kleinste
62	76	Eppner	−0.2860	+0.0070	−0.1370	+0.0030	+0.0160	+0.0030	+0.0080	−0.0005
64	76	Knoblich u. Dencker	− .1610	+ .0340	− .0670	+ .0104	+ .0240	+ .0060	+ .0040	− .0010
69	77	Eppner	+ .3990	− .0360	− .1092	+ .0370	+ .0270	0	+ .0065	− .0019
75	76	Eppner	+ .1270	+ .0130	+ .0380	− .0063	+ .0170	+ .0110	+ .0010	− .0003
78	76	Tiede	− .2930	− .0320	− .0590	− .0050	+ .0170	+ .0090	+ .0040	+ .0001
79	76	Tiede	+ .1700	+ .0420	− .0997	+ .0027	+ .0180	+ .0010	+ .0020	0
82	76	Eppner	+ .4860	+ .0050	+ .3120	+ .0158	+ .0270	+ .0030	− .0035	+ .0005
83	76	Eppner	+ .1310	+ .0070	− .0805	− .0006	+ .0150	+ .0013	− .0070	+ .0001
84	76	Eppner	− .2750	+ .0346	− .0350	− .0162	+ .0320	+ .0087	− .0040	− .0020
85	77	Tiede	− .1410	− .0130	+ .1130	− .0085	+ .0150	+ .0020	− .0065	− .0002
87	76	Tiede	− .3080	+ .0240	+ .1600	− .0125	+ .0270	+ .0020	+ .0100	− .0015
88	76?	Eppner	− .1040	− .0170	− .0350	+ .0110	+ .0160	+ .0020	+ .0140	+ .0003
92	76	Tiede	− .2350	− .0800	− .0640	+ .0067	+ .0250	+ .0060	− .0090	− .0010
93	76	Tiede	− .4080	− .1880	+ .0893	− .0007	+ .0200	+ .0100	− .0056	+ .0003
96	76?	Cox	+ .2570	− .0200	+ .1585	− .0025	+ .0230	0	− .0120	− .0010
97	76	Cox	− .1997	− .1420	+ .0247	− .0024	+ .0130	+ .0010	+ .0077	− .0004
103	?	Knoblich	− .2200	− .0370	− .1760	0	+ .0180	+ .0110	+ .0040	+ .0005
104	?	Knoblich u. Dencker	− .1880	− .0340	− .0913	− .0060	+ .0190	+ .0080	+ .0050	− .0003
105	76	Knoblich	− .2580	− .0160	− .0230	− .0018	− .0200	+ .0050	− .0063	0
106	?	Tiede	− .1170	− .0380	+ .0187	+ .0002	+ .0180	− .0040	− .0030	− .0003
109	?	Knoblich	− .0883	− .0057	− .0687	− .0069	+ .0190	+ .0003	+ .0052	+ .0019
111	77	Eppner	+ .2670	+ .0200	+ .0557	− .0148	− .0160	+ .0010	+ .0070	0
112	76	Eppner	− .2560	− .0080	− .0930	− .0010	+ .0120	+ .0030	+ .0055	0
124	78	Bröcking	− .2140	+ .0150	− .1515	− .0015	+ .0220	+ .0050	− .0065	− .0005
125	78	Petersen	− .2670	− .1680	+ .0066	− .0007	+ .0180	+ .0090	+ .0013	+ .0003
131	78	Nieberg	− .4400	− .0130	− .2430	+ .0047	+ .0350	+ .0060	+ .0210	0
135	78	Eppner	− .1120	− .0050	+ .0790	− .0040	+ .0234	+ .0050	− .0124	− .0004
137	78	Eppner	− .1610	− .0480	− .0455	− .0020	+ .0170	+ .0030	+ .0040	+ .0006
139	78	Eppner	+ .5000	+ .0320	+ .1140	0	+ .0080	0	− .0060	0
140	78	Eppner	− .1350	− .0550	+ .1040	− .0130	+ .0140	− .0020	− .0060	− .0010
141	78	Knoblich	− .1550	+ .0130	− .0773	− .0017	+ .0160	+ .0040	+ .0037	0
142	78	Knoblich	+ .2290	+ .0110	+ .1430	− .0020	+ .0120	+ .0010	− .0060	+ .0002
144	78	Knoblich	− .1190	+ .0190	+ .0500	− .0007	+ .0150	+ .0060	− .0060	− .0001
145	78	Tiede	+ .2190	− .0390	+ .1340	− .0110	+ .0170	− .0010	− .0100	0
146	78	Tiede	− .4570	− .0830	− .1325	+ .0020	+ .0370	+ .0100	+ .0125	0
151	79	Eppner	− .2950	− .0290	− .0593	− .0085	+ .0180	+ .0010	− .0040	+ .0008
164	79	Petersen	− .2070	− .0080	+ .0230	+ .0183	+ .0200	+ .0040	+ .0016	− .0007
185	80	Ekegrén	− .1970	− .0220	+ .0740	+ .0033	+ .0100	+ .0010	+ .0030	+ .0001
188	80	Gerlin	− .1070	− .0020	− .1010	+ .0065	+ .0200	+ .0090	+ .0050	+ .0004
251	85	Knoblich u. Dencker	+ .1140	0	+ .0143	− .0024	+ .0150	+ .0080	+ .0020	− .0009
252	74	Tiede	+ .1240	+ .0050	− .0433	− .0018	+ .0140	− .0030	+ .0024	− .0003
253	85	Nieberg	− .0940	+ .0330	+ .0370	+ .0084	+ .0180	+ .0070	− .0040	− .0004

Tab. IVb. Hülfskompensation.

M No.	Angekauft	Fabrikant	Art der Hülfskompensation	*a* grösstes	*a* kleinstes	*a* jährl. Veränderung grösste	*a* jährl. Veränderung kleinste	*b* grösstes	*b* kleinstes	*b* jährl. Veränderung grösste	*b* jährl. Veränderung kleinste
120	78	Bröcking	für Kälte und Wärme	+0.1400	−0.0020	−0.0570	−0.0010	−0.0078	−0.0010	+0.0054	0
121	78	Bröcking	für Kälte und Wärme	+ .1180	+ .0050	− .0680	+ .0013	− .0073	− .0007	+ .0063	+0.0005
122	78	Bröcking	für Wärme	− .1790	+ .0020	− .0720	− .0014	+ .0160	− .0008	− .0090	− .0003
123	78	Bröcking	Airysche	− .2090	− .0710	+ .0730	− .0040	+ .0160	+ .0010	− .0054	− .0003
134	82	Ehrlich	Zügelk.	− .1290	− .0056	− .0773	+ .0010	+ .0080	+ .0003	+ .0015	− .0003
157	79	Bröcking	Airysche	+ .1100	+ .0410	− .0900	+ .0157	+ .0090	+ .0030	+ .0030	0
158	79	Eppner	Hülfsk.	+ .2050	+ .0070	+ .0573	0	+ .0120	+ .0020	− .0023	− .0005
169	80	Eppner	Hülfsk.	+ .1390	+ .0243	− .1125	+ .0007	+ .0150	+ .0020	+ .0030	+ .0003

Digitized by Google

M No.	Angekauft	Fabrikant	Art der Hülfskompensation	a grösstes	a kleinstes	a jährl. Veränderung grösste	a jährl. Veränderung kleinste	b grösstes	b kleinstes	b jährl. Veränderung grösste	b jährl. Veränderung kleinste
173	80	Knoblich	Kullberg	+0.2910	+0.0270	−0.0753	−0.0010	+0.0140	−0.0038	+0.0017	+0.0003
179	80	Eppner	Hülfsk.	− .1350	+ .0190	+ .0940	− .0043	+ .0130	+ .0020	− .0080	− .0003
181	80	Ehrlich	für Kälte	+ .1440	− .0220	+ .0403	+ .0114	+ .0160	+ .0050	+ .0030	− .0006
182	80	Kutter	Airysche	+ .0820	+ .0100	− .0360	− .0070	+ .0160	+ .0050	− .0045	0
186	80	Eppner	Hülfsk.	+ .2080	− .0130	− .1760	− .0015	+ .0140	+ .0010	+ .0130	+ .0010
190	80	Bröcking	Inverse	− .0690	0	+ .0380	− .0010	+ .0100	0	+ .0050	0
191	80	Bröcking	Inverse	+ .0980	+ .0030	+ .0363	− .0007	− .0110	+ .0010	+ .0050	0
192	80	Bröcking	Inverse	+ .0880	− .0100	+ .0260	− .0053	− .0090	+ .0005	− .0040	+ .0003
193	80	Knoblich	Hülfsk.	− .2670	+ .0060	− .1083	− .0020	− .0050	0	+ .0020	− .0003
194	85	Ehrlich	Zügelk.	− .0380	+ .0020	− .0157	− .0033	+ .0070	0	− .0013	− .0007
196	80	Bröcking	Inverse	− .0680	− .0140	+ .0140	− .0023	+ .0110	+ .0010	+ .0020	+ .0010
199	81	Knoblich	Hülfsk.	+ .2380	+ .0030	− .0243	+ .0057	+ .0190	0	− .0045	+ .0003
203	81	Bröcking	Supplement f. Wärme	− .2000	− .0250	− .0280	0	+ .0140	− .0007	+ .0013	− .0005
209	83	Ehrlich	Zügelk.	− .0480	0	− .0430	− .0010	− .0040	− .0002	+ .0040	0
211	84	Ehrlich	Zügelk.	− .1210	− .0300	+ .0640	− .0033	+ .0050	0	+ .0024	+ .0005
213	84	Gerlin	Hülfsk.	− .1040	− .0140	+ .0490	− .0045	+ .0060	− .0010	− .0080	0
214	84	Ehrlich	Zügelk.	− .1200	− .0120	− .0540	+ .0009	+ .0080	+ .0020	+ .0020	0
215	84	Ehrlich	Zügelk.	+ .3300	+ .0230	− .1295	− .0075	− .0210	0	− .0120	+ .0010
216	85	Ehrlich	Zügelk.	+ .0670	− .0150	+ .0260	+ .0070	+ .0080	+ .0010	+ .0014	+ .0005
218	85	Bröcking	Hülfsk.	− .0890	− .0050	+ .0275	+ .0040	+ .0090	+ .0020	− .0030	0
219	85	Bröcking	Hülfsk.	− .1750	0	− .1210	− .0077	+ .0140	+ .0050	+ .0090	− .0007
222	85	Bröcking	Airysche	− .0810	− .0150	+ .0118	− .0013	+ .0130	− .0020	− .0023	− .0005

[23]) Die in der Tabelle angeführten Chronometer gehören theilweise zu den Beständen der Werft zu Wilhelmshaven bezw. der zu Danzig, ressortiren nicht alle von dem Chronometer-Observatorium resp. der Werft Kiel.

Bei dem hiesigen Observatorium sind augenblicklich in den Beständen 189 Chronometer und zwar 63 mit gewöhnlicher Kompensation, sowie 126 mit Hülfskompensation, die sich wie folgt vertheilen:

Gewöhnliche Kompensation:

Eppner	21	Nieberg	3
Tiede	17	Frodsham	1
Knoblich	7	Seevill	1
Knoblich und Drucker	3	Bröcking	1
Ekegrén	2	Sackmann	1
Ehrlich	2	Schlesicky	1
Cox	2	Diedrich	1
Summe	63		

Hülfskompensation:

Bröcking	47	Schlesicky	3
Ehrlich	31	Lange u. Söhne	3
Kittel	10	Kutter	1
Diedrich	8	Heinrich	1
Knoblich (Inh. Meier)	6	Gerlin	1
Petersen	5	Krahmer	1
Eppner	4	Südecke	2
Knoblich	3		
Summe	126		

Zunächst zur Betrachtung der Grösse der Koeffizienten, deren Ergebniss in der Tabelle Va zusammengestellt worden ist.

Tab. Va.

Art der Kompensation	Ueber 0s0999					Unter 0s0999									
	0s5 ...	0s4 ...	0s3 ...	0s2 ...	0s1 ...	0s09 ..	0s08 ..	0s07 ..	0s06 ..	0s05 ..	0s04 ..	0s03 ..	0s02 ..	0s01 ..	0s00 ..
Grösstes a															
gewöhnliche	[1] 1 = 2%	5 = 8%	5 = 8%	21 = 35%	23 = 39%	2 = 3%	2 = 3%	—	1 = 2%	—	—	—	—	—	—
Hülfs-Kompens.	—	—	1 = 3 »	[2] 7 = 24 »	12 = 40 »	1 = 3 »	[2] 4 = 14 »	—	3 = 10 »	—	1 = 3%	1 = 3%	—	—	—
Kleinstes a															
gewöhnliche	—	—	—	—	[3] 5 = 8%	—	3 = 5%	1 = 2%	1 = 2%	2 = 3%	3 = 5%	12 = 20%	8 = 13%	11 = 19%	12 = 20%
Hülfs-Kompens.	—	—	—	—	—	—	—	1 = 3 »	—	—	1 = 3 »	1 = 3 »	5 = 17%	9 = 30 »	10 = 34 »

Anmerkung. Der Koeffizient *a* ist als gross anzusehen, wenn derselbe (vier Dezimalstellen angenommen) über 0s0999, *b*, wenn er über 0s0099 aufweist.

[1] siehe Fussnote 24, [2] siehe Fussnote 25, [3] siehe Fussnote 26.

Digitized by Google

Art der Kompensation	Ueber 0ˢ0099			Unter 0ˢ0099										
	0ˢ03 . .	0ˢ02 . .	0ˢ01 . .	0ˢ009 .	0ˢ008 .	0ˢ007 .	0ˢ006 .	0ˢ005 .	0ˢ004 .	0ˢ003 .	0ˢ002 .	0ˢ001 .	0ˢ000 .	0ˢ0000
Grösstes *b*														
gewöhnl. . .	3 = 5%	21 = 35%	35 = 58%	—	[4]1 = 2%	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Hülfskomp.	—	1 = 3 ›	16 = 54 ›	3 = 10%	3 = 10 ›	3 = 10%	1 = 3%	2 = 7%	1 = 3%	—	—	—	—	—
Kleinstes *b*														
gewöhnl. . .	—	—	[1]5 = 8%	5 = 8%	5 = 8%	3 = 5%	6 = 10%	4 = 7%	5 = 8%	6 = 10%	5 = 8%	11 = 19%	1 = 2%	4 = 7%
Hülfskomp.	—	—	—	—	—	—	—	3 = 10 ›	—	2 = 7 ›	6 = 20 ›	7 = 23 ›	6 = 20 ›	6 = 20 ›

[4] siehe Fussnote 27, [1] siehe Fussnote 28.

Tab. Va ergiebt Folgendes:

Das grösste *a*.

Die Grösse der Koeffizienten wird durch die Anwendung der Hülfskompensation augenscheinlich nicht unbedeutend heruntergedrückt.

Während der Koeffizient *a* bei Chronometern mit gewöhnlicher Kompensation meistens einen hohen Betrag hat, mit 92% über 0ˢ0999 vorgefunden wird, ist er bei Chronometern mit Hülfs-Kompensation nur mit 67% an der als gross anzusehenden Zahl betheiligt.

Derselbe Koeffizient zeigt als höchste Zahl bei der Hülfskompensation 0ˢ3 . . . und zwar mit nur 3%, während er bei der gewöhnlichen Kompensation bei derselben Grösse noch mit 8% auftritt und bis zu 0ˢ5 . . . (mit 2%) wächst.

Unter 0ˢ0999 geht das grösste *a* bei Hülfskompensation auf 0ˢ03 . . herunter (mit 3%), wohingegen bei der gewöhnlichen Kompensation der niedrigste Betrag 0ˢ06 ist (mit 2%).

Das kleinste *a*

kommt über 0ˢ0999 bei Chronometern mit Hülfskompensation überhaupt nicht vor, erreicht aber bei Chronometern mit gewöhnlicher Kompensation in dieser Höhe immerhin noch 8%.

Unter der gesetzten Grenze von 0ˢ0999 tritt die gewöhnliche Kompensation als höchster Satz mit 0ˢ08 . . (5%) auf, die Hülfskompensation ergiebt dahingegen 0ˢ07 . . als grösste Zahl. Gleichfalls erreicht die ideale Grösse des Koeffizienten — 0ˢ0000 — die Hülfskompensation mit 10%, die gewöhnliche Kompensation jedoch nur mit 3%.

Das grösste *b*.

Ebenso wie bei der gewöhnlichen Kompensation das grösste *a* nur mit 8% unter der gesteckten Grenze blieb, so bleibt das grösste *b* bei dieser Kompensation nur mit 2% unter derselben, wohingegen bei Hülfskompensation sich immerhin noch 43% unter 0ˢ0099 ergeben.

Dasselbe *b* erreicht für die gewöhnliche Kompensation 0ˢ03 . ., für die Hülfskompensation nur 0ˢ02 . .

Als niedrigste Zahl kommt unter 0ˢ0099 bei gewöhnlicher Kompensation nur 0ˢ008 (2%) vor, bei Hülfskompensation erniedrigt sich die Zahl bis zu 0ˢ004.

---

[24]) Das grösste *a* haben: *M* 139 = +0.5000 *M* 93 = −0.4080
› 58 = −0.4610 › 131 = −0.4400
› 82 = +0.4860 › 146 = −0.4570

[25]) Streng genommen nur 23.33 bezw. 13.33%; die Zahlen sind jedoch auf 4 erhöht worden, um allenthalben ganze Prozentzahlen zu erhalten.

[26]) *M* 6, 15, 93, 97, 125. Diese Chronometer haben entsprechend den Strichen auch ein grösstes *a* von:
M 97 = 0.1 . . , *M* 125 = 0.2 . . ,
› 6 = 0.2 . , › 93 = 0.4 . . ,
› 15 = 0.2 . . ,

[27]) *M* 139.

[28]) *M* 44, 75, 93, 103, 146. Diese Chronometer haben entsprechend den Strichen ein grösstes *b* von:
M 103 = 0.01 . , *M* 93 = 0.02 . ,
› 75 = 0.01 . , › 146 = 0.03 .
› 44 = 0.02 . ,

Digitized by Google

Das kleinste *b*

geht ebenfalls nur bei der gewöhnlichen Kompensation mit 8% über die gesteckte Grenze. Die gewöhnliche Kompensation zeigt als höchste Zahl unter 0ˢ.0099 = 0ˢ.009, die Hülfskompensation nur 0ˢ.005.

0ˢ.0000 ist bei der ersten Kompensation mit 7%, bei der letzteren jedoch mit 20% vertreten.

Aus dem Ganzen ergiebt sich: Durch die Anwendung der Hülfskompensation werden die Koeffizienten nicht unbeträchtlich verkleinert, dementsprechend wird nach dem vorher Ausgeführten ein Navigations-Offizier für den Bordgebrauch stets ein Chronometer mit Hülfskompensation einem mit gewöhnlicher Kompensation vorziehen.

Nicht nur bei den älteren Chronometern, auch bei den neueren lässt sich das soeben Gefundene feststellen. Die beiden neueren Chronometer mit gewöhnlicher Kompensation — Tab. IVd — zeigen als grösstes *a* 0ˢ.2090, während bei den in Tab. IVc [29]) aufgeführten Chronometern die höchste Zahl 0ˢ.1860 ist. Als kleinstes *a* hat hat *M* 319 = 0ˢ.1030, *M* 229 hingegen nur die höchste Zahl dieser Spalte — in Tab. IVc — = 0ˢ.0780.

Tab. IVd. Neuere Chronometer mit gewöhnlicher Kompensation.

M No.	Angekauft	Fabrikant	Kompensation	*a*		*a* jährl. Veränderung		*b*		*b* jährl. Veränderung	
				grösstes	kleinstes	grösste	kleinste	grösstes	kleinstes	grösste	kleinste
307	96	Schlesicky	gewöhnl.	−0.1120	−0.0280	—	—	+0.0110	+0.0110	—	—
319	97	Dietrich	»	− .2090	− .1030	—	—	+ .0170	+ .0100	—	—

Tab. IVc. Neuere Chronometer mit Hülfskompensation.

M No.	Angekauft	Fabrikant	Art der Hülfskompensation	*a*		*a* jährl. Veränderung		*b*		*b* jährl. Veränderung	
				grösstes	kleinstes	grösste	kleinste	grösstes	kleinstes	grösste	kleinste
127	86	Ehrlich	Zügelk.	−0.1040	−0.0050	+0.0307	−0.0060	+0.0040	0	−0.0040	+0.0002
228	86	Bröcking	Airysche	+ .0630	+ .0080	− .0303	0	+ .0050	+0.0020	+ .0010	0
229	86	Petersen	Zügelk.	− .1860	− .0780	− .0830	0	+ .0070	+ .0030	+ .0040	+ .0003
230	86	Ehrlich	»	− .0600	+ .0200	+ .0197	− .0044	+ .0050	+ .0010	− .0010	+ .0002
231	86	Bröcking	Hülfsk.	− .0970	− .0040	+ .0590	+ .0005	− .0090	− .0001	+ .0100	− .0010
232	86	Krahmer	»	− .1100	− .0230	− .0430	− .0010	− .0090	+ .0020	− .0053	0
233	87	Kittel	für Kälte u. Wärme	+ .0900	− .0020	+ .0820	− .0013	+ .0160	+ .0020	+ .0070	+ .0007
234	97	Ehrlich	Zügelk.	+ .0730	− .0040	+ .0345	− .0097	− .0040	− .0010	− .0050	+ .0010
238	87	Ehrlich	»	+ .0190	+ .0040	+ .0160	− .0002	+ .0030	0	− .0020	+ .0002
245	88	Bröcking	für Wärme	− .0880	− .0060	− .0280	− .0015	+ .0050	+ .0030	− .0035	− .0005
254	90	Bröcking	Wärme-Supplement	− .1110	+ .0210	− .0203	− .0033	+ .0050	+ .0010	+ .0013	− .0008
255	90	Bröcking	»	+ .0860	− .0430	− .0343	+ .0027	− .0030	+ .0010	− .0013	0
258	91	Ehrlich	Zügelk.	− .0670	− .0070	− .0180	+ .0090	+ .0030	+ .0004	− .0007	+ .0003
270	92	Bröcking	Widerstands-Suppl.	− .1480	− .0150	− .1295	+ .0060	+ .0140	+ .0010	+ .0050	+ .0008
277	93	Bröcking	»	− .0990	− .0070	+ .0920	− .0087	+ .0110	+ .0040	− .0060	+ .0010

b erreicht in Tab. IVd 0ˢ.0170, in Tab. IVc nur 0ˢ.0160 und geht in der ersteren Tabelle auf 0ˢ.0100 herab, in der letzteren auf 0ˢ.0000.

In der Tab. IVe¹ sind die grössten Werthe von *a* und *b* der seit 1890 angekauften Chronometer mit Hülfskompensation aufgeführt; diese gehen bei *a* nicht über 0ˢ.1... — abgesehen *M* 290 —[30]), bei *b* nicht über 0ˢ.01.. Dementsprechend enthält Tab. IVe² nur noch kleinere Werthe und man findet also, dass auch die neueren Chronometer mit Hülfskompensation kleinere Temperatur-Koeffizienten aufweisen, als die mit gewöhnlicher Kompensation.

[29]) Tabelle IVc enthält diejenigen neueren Chronometer mit Hülfskompensation, welche mehr als drei Bestimmungen der Temperatur-Koeffizienten aufweisen.

[30]) Zwischen den in der Tabelle IVe¹ aufgeführten Chronometern hat allerdings *M* 290 noch ein grösseres *a* als *M* 319 aufweist = 0ˢ.2270. Diesem Chronometer wurde aber vor der betreffenden Neubestimmung der Koeffizienten eine neue Spirale in Sidney eingesetzt; es darf daher zu dem Vergleiche nicht mit herangezogen werden.

Digitized by Google

Neuere Chronometer mit Hülfskompensation, bei denen nur 2—3 Bestimmungen von *a* und *b* vorliegen.

Tab. IVe.[1]

M No.	Angekauft	Fabrikant	Art der Hülfskompensation	*a* grösstes	*a* kleinstes	*a* jährl. Veränderung grösste	*a* jährl. Veränderung kleinste	*b* grösstes	*b* kleinstes	*b* jährl. Veränderung grösste	*b* jährl. Veränderung kleinste	
256	90	Kittel	für Wärme u. Kälte	−0.1880	+0.0250	—	—	+0.0080	0	—	—	
257	90	Ehrlich	Zügelk.	− .1490	− .0190	—	—	+ .0150	+0.0050	—	—	
263	91	Bröcking	für Wärme u. Kälte	− .0402	− .0140	—	—	− .0056	− .0010	—	—	
267	91	Kittel	fraglich	+ .1560	+ .1010	—	—	+ .0040	+ .0030	—	—	
269	92	Ehrlich	Zügelk.	− .1520	− .0540	—	—	+ .0090	+ .0010	—	—	
271	92	Bröcking	Widerstands-Suppl.	+ .0550	+ .0510	—	—	− .0110	− .0010	—	—	
272	93	Bröcking	»	− .0470	− .0190	—	—	+ .0030	+ .0015	—	—	
280	94	Bröcking	Kälteztügelg.	− .1660	− .0310	—	—	+ .0060	+ .0020	—	—	
290*	95	Bröcking	Airysche	− .2270	− .0250	—	—	+ .0090	0	—	—	* neue Spirale erhalten, daher nicht benutzbar.
299	96	Bröcking	Kälteztügelg.	− .0780	− .0240	—	—	+ .0050	+ .0030	—	—	
305	96	Kittel	für Kälte	+ .1090	+ .0580	—	—	− .0040	− .0040	—	—	
317	97	Bröcking	Kälteztügelg.	− .1910	− .0380	—	—	+ .0070	+ .0010	—	—	
323	97	Schlesicky	Hülfsk.	+ .0240	− .0130	—	—	+ .0080	+ .0060	—	—	
333	98	Bröcking	Kälteztügelg.	+ .0700	− .0350	—	—	− .0040	+ .0020	—	—	

Anmerkung. In der Tabelle IVe[1] sind für jedes Jahr von 1890—1898 diejenigen Chronometer neuerer Konstruktion mit Hülfskompensation aufgeführt, welche das grösste *a* bezw. *b* aufweisen.

Neuere Chronometer mit Hülfskompensation, bei denen nur 2—3 Bestimmungen von *a* und *b* vorliegen.

Tab. IVe.[2]

236	90	Ehrlich	Zügelk.	−0.1110	−0.0340	—	—	+0.0030	0	—	—	
247	89	Ehrlich	»	+ .1150	+ .1030	—	—	− .0050	0	—	—	
248	90	Bröcking	Widerstands-Suppl.	+ .0670	+ .0030	—	—	+ .0030	−0.0010	—	—	
249	92	Ehrlich	Zügelk.	− .0470	− .0420	—	—	+ .0030	+ .0010	—	—	
250	90	Bröcking	Wärme-Supplement	+ .1760	− .0170	—	—	− .0130	− .0010	—	—	
259	91	Ehrlich	Zügelk.	+ .0510	− .0050	—	—	+ .0030	− .0002	—	—	
260	91	Bröcking	Widerstands-Suppl.	− .0380	− .0260	—	—	+ .0020	+ .0010	—	—	
262	91	Ehrlich	Zügelk.	+ .0650	+ .0280	—	—	+ .0010	+ .0003	—	—	
264	91	Ehrlich	»	− .0840	+ .0140	—	—	+ .0050	+ .0020	—	—	
266	91	Bröcking	Widerstands-Suppl.	+ .0740	+ .0590	—	—	+ .0020	+ .0003	—	—	
284	94	Bröcking	»	− .0310	− .0060	—	—	+ .0040	+ .0010	—	—	
289	95	Bröcking	»	− .0360	+ .0100	—	—	+ .0040	− .0030	—	—	
291	95	Bröcking	Airysche	+ .0290	− .0040	—	—	− .0040	− .0010	—	—	
295	96	Lange und Söhne	für Kälte	+ .0330	+ .0090	—	—	+ .0010	− .0010	—	—	
296	96	Lange und Söhne	»	+ .0490	+ .0090	—	—	− .0050	0	—	—	
297	96	Bröcking	Kälteztügelg.	− .0370	− .0220	—	—	+ .0040	0	—	—	
300	96	Bröcking	»	− .0400	+ .0390	—	—	+ .0020	− .0020	—	—	
302	96	Ehrlich	Zügelk.	+ .0150	− .0010	—	—	+ .0020	− .0010	—	—	
303	96	Ehrlich	»	− .0950	− .0030	—	—	+ .0040	+ .0020	—	—	
304	96	Ehrlich	»	− .0960	+ .0050	—	—	+ .0028	+ .0005	—	—	
312	97	Bröcking	Kälteztügelg.	− .0650	− .0340	—	—	+ .0010	0	—	—	
314	97	Kittel	Federk.	+ .0560	− .0360	—	—	− .0013	0	—	—	
315	97	Bröcking	Kälteztügelg.	− .0530	+ .0110	—	—	− .0035	− .0002	—	—	
320	97	Ehrlich	Zügelk.	+ .1040	+ .0190	—	—	− .0010	− .0010	—	—	
321	97	Kittel	für Kälte	+ .1240	+ .0940	—	—	+ .0070	− .0030	—	—	
322	97	Schlesicky	Hülfsk.	− .1220	− .1000	—	—	+ .0070	− .0010	—	—	
324	98	Bröcking	Kälteztügelg.	− .0510	− .0140	—	—	+ .0040	+ .0004	—	—	
328	98	Ehrlich	Zügelk.	− .0340	+ .0170	—	—	+ .0030	+ .0010	—	—	
329	98	Bröcking	Kälteztügelg.	− .0590	− .0400	—	—	+ .0070	+ .0004	—	—	
331	98	Bröcking	Widerstands-Suppl.	− .0360	− .0300	—	—	+ .0030	+ .0010	—	—	
332	98	Bröcking	Kälteztügelg.	− .0340	− .0800	—	—	+ .0030	+ .0010	—	—	
335	98	Kittel	Rückwirkende Hülfsk.	+ .0410	+ .0060	—	—	− .0040	− .0001	—	—	

Digitized by Google

Nach der Erledigung der Frage, welche Chronometer grössere Temperatur-Koeffizienten haben, soll, um zu einem endgültigen Urtheile zu gelangen, die Höhe der jährlichen Veränderung betrachtet werden.

In der Tab. IVa muss *M* 51 unberücksichtigt bleiben, da bei demselben die Grössen der jährlichen Veränderungen nicht festzustellen sind, es bleiben mithin noch 59 Chronometer mit gewöhnlicher Kompensation zu betrachten, deren jährliche Veränderungen Tab. Vb enthält.

Tab. Vb.

Art der Kompensation	Jährliche Veränderung von a (Δa) bezw. b (Δb)						
	0.3...	0.2...	0.1...	0.0...	0.00..	0.000.	0.0000
Δa grösstes							
gewöhnliche	1 = 2%	1 = 2%	15 = 25%	41 = 69%	1 = 2%	—	—
Hülfskomp.	—	—	5 = 17 »	25 = 83 »	—	—	—
kleinstes							
gewöhnliche	—	—	—	15 = 25%	35 = 60%	6 = 10%	3 = 5%
Hülfskomp.	—	—	—	2 = 7 »	23 = 76 »	3 = 10 »	2 = 7 »
Δb grösstes							
gewöhnliche	—	—	—	58 = 98%	1 = 2%	—	—
Hülfskomp.	—	—	—	17 = 57 »	13 = 48 »	—	—
kleinstes							
gewöhnliche	—	—	—	5 = 8%	49 = 83%	1 = 2%	4 = 7%
Hülfskomp.	—	—	—	—	3 = 10 »	18 = 30 »	9 = 60 »

Aus dem Vergleich der in der Tabelle angeführten Daten ist ohne weiteres ein Vortheil für die Hülfs-Kompensation festzustellen.

Die grösste jährliche Veränderung von a erreicht bei der Hülfskompensation nur 0.01..., bei der gewöhnlichen Kompensation aber 0.3...; 83% der ersteren Art der Kompensation gehen auf 0.0... herab, während bei der letzteren nur 69% diese Zahl erreichen, allerdings sind — aber nur 2% — bei der gewöhnlichen Kompensation kleiner = 0.00...

Die kleinste jährliche Veränderung von a liegt ebenfalls etwas vortheilhafter bei der Hülfskompensation. Diese weist bei den kleineren Werthen grössere Prozentzahlen auf — für 0.0000 7 : 5%, für 0.00.. 76 : 60% —.

Die grösste jährliche Veränderung von b ist bedeutend kleiner bei der Hülfskompensation. Für 0.00.. sind hier 43% verzeichnet, während für die gewöhnliche Kompensation nur 2% vorhanden sind.

Einen noch auffälligeren Unterschied erzielt die Aufzeichnung der kleinsten jährlichen Veränderung von b. Hier ist für die ideale Grösse 0.0000 die Hülfskompensation mit 60% vertreten, die gewöhnliche mit nur 7%. Für 0.000 ist das Verhältniss 30 : 2%, während die Grösse 0.00... bei der ersteren kompensation überhaupt nicht vorhanden ist.

Nach diesen Vergleichen ergiebt sich somit, dass auch die jährliche Veränderung der Koeffizienten für die Hülfskompensation spricht.

Nicht nur diese Art des Vergleichs ergiebt die Vorherrschaft der Hülfskompensation, sondern auch, wenn man Chronometer desselben Jahrgangs, welche von demselben Fabrikanten angefertigt worden sind, gegen einander abwägt, wie nachfolgend geschehen ist.

Im Jahre 1878 sind von dem Fabrikanten Bröcking, im Jahre 1879 von dem Chronometermacher Eppner Chronometer mit beiderlei Kompensationsarten (gewöhnliche und Hülfskompensation) angekauft worden und zwar:

Digitized by Google

M	Angekauft	Fabrikant	Fabrik-No.	Kompensation	*a* grösstes	*a* kleinstes	*a* jährliche Veränderung grösste	*a* jährliche Veränderung kleinste	*b* grösstes	*b* kleinstes	*b* jährliche Veränderung grösste	*b* jährliche Veränderung kleinste
124	1878	Bröcking	665	gewöhnl.	−0.2140	+0.0150	+0.1515	−0.0015	+0.0220	+0.0050	−0.0065	−0.0005
120	1878	»	779	Hülfskomp. für Kälte u. Wärme	+ .1400	− .0020	− .0570	− .0010	− .0078	− .0010	+ .0054	0
121	1878	»	830	»	+ .1180	+ .0050	− .0680	+ .0013	− .0073	− .0007	+ .0063	+ .0005
122	1878	»	800	Hülfskomp. für Wärme	− .1790	+ .0020	− .0720	− .0014	+ .0160	− .0008	**−0.0090**	− .0003
123	1878	»	827	Airysche Hülfskompens.	− .2090	**−0.0710**	+ .0730	**−0.0040**	+ .0160	+ .0010	− .0054	− .0003
151	1879	Eppner	211	gewöhnl.	− .2950	− .0290	− .0593	− .0085	+ .0180	+ .0010	− .0040	+ .0008
158	1879	»	218	Hülfskomp.	+ .2050	+ .0070	− .0573	0	+ .0020	**+0.0020**	− .0023	− .0005

Aus der Liste ist ersichtlich, dass die Bröcking'schen Chronometer mit Hülfskompensation sämtlich ein geringeres *a* bezw. *b* aufweisen als die betreffenden Chronometer mit gewöhnlicher Kompensation. *M* 123 hat allerdings bei dem kleinsten *a*, sowie bei der kleinsten jährlichen Veränderung von *a* grössere Werthe als das Chronometer mit gewöhnlicher Kompensation, ebenso *M* 122 eine grössere jährliche Veränderung von *b*, aber trotzdem ist das Ergebniss günstig für die Hülfskompensation.

Bei dem kleinsten *a*, der kleinsten jährlichen Veränderung von *a* sowie der grössten jährlichen Veränderung von *b* sind die gefundenen Werthe immerhin noch 75% kleiner als die, welche *M* 124 aufweist.

Auch bei den beiden Eppner'schen Chronometern zeigt sich das mit Hülfskompensation als das bessere. *M* 158 hat stets kleinere Werthe als *M* 151, mit Ausnahme des kleinsten *b*, welches um ein Geringes — 0.0010 — grössere Werthe zeigt als wie *M* 151.

Aus allem bisher Gefundenen geht als Endurtheil hervor:

Die Hülfskompensation ist vortheilhafter und bedeutet einen Fortschritt gegen die gewöhnliche Kompensation.

Dass die Veränderungen der „*a*" und „*b*" bei Chronometern mit Hülfskompensation geringer sind als bei Chronometern mit einfacher Kompensation wird manchem wunderbar erscheinen, da man doch annehmen müsste, dass die im Laufe der Zeit eintretenden Veränderungen in der kompensirenden Wirkung bei der einfachen kreisförmigen Unruhe im allgemeinen kleiner wären als bei einer ungefähr gleichen Unruhe, deren Mechanismus und Wirksamkeit aber durch die Hinzufügung von Apparaten zur sekundären Kompensation komplizirt worden ist. Wenn auch die Wahrscheinlichkeit einer Veränderung für den einfachen Mechanismus geringer ist, so sprechen doch die hier gefundenen Thatschen zu Gunsten der Hülfskompensation. Als ein Zufalls-Resultat kann das Ergebniss bei einer solchen grossen Anzahl von Vergleichs-Chronometern nicht bezeichnet werden.

Wie aus der 23. Konkurrenz-Prüfung im Winter 1899/00 zu ersehen ist, sind 41 Chronometer untersucht worden, von denen nur ein einziger (Sackmann) einfache Kompensation aufwies, ebenso sind zu der Konkurrenz-Prüfung im Winter 1898/99 43 Chronometer eingeliefert worden, unter diesen 7 Chronometer (6 von Ehrlich, 1 von Diedrich) mit einfacher Kompensation.

Diese Thatsache, dass fast nur Chronometer mit Hülfskompensation, kaum noch Chronometer mit einfacher Kompensation angefertigt werden, muss doch schon zur Genüge erkennen lassen, bezw. von selbst zu der Annahme führen, dass erstere Art von Chronometern bessere Ergebnisse geliefert hat und daher von den Abnehmern bevorzugt worden ist.

Das hier gefundene Ergebniss deckt sich im Uebrigen mit dem s. Zt. von dem Korvetten-Kapitän a. D. Nees von Esenbeck gefundenen Resultate — „Annalen der Hydrographie etc." vom Jahre 1891, S. 505. — Derselbe äussert hierselbst am Schlusse seines Berichtes über die Vergleichung der Chronometer nach ihrer Kompensationsart: „Was die gewöhnliche Kompensation betrifft, so ist die mangelhafte Leistung derselben zu auffallend, um durch das meist hohe Alter dieser Chronometer allein erklärt werden zu können. Die Bezeichnung dieser Kompensation als einer durchaus unvollkommenen muss vielmehr auch trotz der günstigen Beziehung der gewöhnlichen Kompensation zur angenommenen Temperatur-Korrektionsformel festgehalten werden."

Nach diesen Vergleichs-Resultaten sowohl als auch nach den Untersuchungen des Prof. Dr. Börgen in Wilhelmshaven im Winter 1883/84 — „Annalen der Hydrographie etc." vom Jahre 1885, Seite 31 —

Digitized by Google

haben von allen untersuchten Chronometern sich diejenigen mit Hülfskompensation besonders gut gemacht und unter diesen hauptsächlich die mit Zügelkompensation.[31])

[31]) Eine Untersuchung diesseits behufs Feststellung der besten Kompensationsart hat zu keinem bestimmten Ergebnisse geführt. Die Tabellen VIa, b, c und d sind der Vollständigkeit halber, jedoch ohne Kommentar, beigefügt worden.

Tab. VIa. Hülfskompensation nach Fabrikanten geordnet.

M No.	Angekauft	Fabrikant	Art der Hülfskompensation	*a* grösstes	*a* kleinstes	*a* jährl. Veränderung grösste	*a* jährl. Veränderung kleinste	*b* grösstes	*b* kleinstes	*b* jährl. Veränderung grösste	*b* jährl. Veränderung kleinste
120	78	Bröcking	für Kälte und Wärme	+0.1400	−0.0020	−0.0570	−0.0010	−0.0078	−0.0010	+0.0054	0
121	»	»	»	+ .1180	+ .0050	− .0680	+ .0013	− .0073	− .0007	+ .0063	+0.0005
122	»	»	für Wärme	− .1790	+ .0020	− .0720	− .0014	+ .0160	− .0008	− .0090	− .0003
123	»	»	Airysche	− .2090	− .0710	+ .0730	− .0040	+ .0160	+ .0010	− .0054	− .0003
157	79	»	»	+ .1100	+ .0410	− .0900	+ .0157	+ .0090	+ .0030	+ .0030	0
190	80	»	Inverse	− .0690	0	+ .0380	− .0010	+ .0100	0	+ .0050	0
191	»	»	»	+ .0980	+ .0030	+ .0363	− .0007	− .0110	+ .0010	+ .0050	0
192	»	»	»	+ .0880	− .0100	+ .0260	− .0053	− .0090	+ .0005	− .0040	+ .0003
196	»	»	»	− .0680	− .0140	+ .0140	− .0023	+ .0110	+ .0010	+ .0020	+ .0010
203	81	»	Wärme-Supplement	− .2000	− .0250	− .0280	0	+ .0140	− .0007	+ .0013	− .0005
218	85	»	Hülfsk.	− .0890	− .0050	+ .0275	+ .0040	+ .0090	+ .0020	− .0030	0
219	»	»	»	− .1750	0	− .1210	− .0077	+ .0140	+ .0050	+ .0090	− .0007
222	»	»	Airysche	− .0810	− .0150	+ .0118	− .0013	+ .0130	− .0020	− .0023	− .0005
228	86	»	»	+ .0630	+ .0080	− .0303	0	+ .0050	+ .0020	+ .0010	0
231	»	»	Hülfsk.	− .0970	− .0040	+ .0590	+ .0005	− .0090	− .0001	+ .0100	− .0010
245	88	»	für Wärme	− .0880	− .0060	− .0280	− .0015	+ .0050	+ .0030	− .0035	− .0003
254	90	»	Wärme-Supplement	− .1110	+ .0210	− .0203	− .0033	+ .0050	+ .0010	+ .0013	− .0008
255	»	»	»	+ .0860	− .0430	− .0343	+ .0027	− .0030	+ .0010	− .0013	0
270	92	»	Widerstands-Supplement	− .1480	− .0150	− .1295	+ .0060	+ .0140	+ .0010	+ .0050	+ .0008
277	93	»	»	− .0990	− .0070	+ .0920	− .0087	+ .0110	+ .0040	− .0060	+ .0010
248	90	»	»	+ .0670	+ .0030	—	—	+ .0030	− .0010	—	—
250	»	»	Wärme-Supplement	+ .1760	− .0170	—	—	− .0130	− .0010	—	—
260	91	»	»	− .0380	− .0260	—	—	+ .0020	+ .0010	—	—
263	»	»	für Wärme und Kälte	− .0402	− .0140	—	—	− .0056	− .0010	—	—
266	»	»	Widerstands-Supplement	+ .0740	+ .0590	—	—	+ .0020	+ .0003	—	—
271	92	»	»	+ .0550	+ .0510	—	—	− .0110	− .0010	—	—
272	93	»	»	− .0470	− .0190	—	—	+ .0030	+ .0015	—	—
280	94	»	Kältezügelung	− .1660	− .0310	—	—	+ .0060	+ .0020	—	—
284	»	»	Widerstands-Supplement	− .0310	− .0060	—	—	+ .0040	+ .0010	—	—
289	95	»	»	− .0360	+ .0100	—	—	+ .0040	− .0030	—	—
291	»	»	Airysche	+ .0290	− .0040	—	—	− .0040	− .0010	—	—
297	96	»	Kältezügelung	− .0370	− .0220	—	—	+ .0040	0	—	—
299	»	»	»	− .0780	− .0240	—	—	+ .0050	+ .0030	—	—
300	»	»	»	− .0400	+ .0390	—	—	+ .0020	− .0020	—	—
312	97	»	»	− .0650	− .0340	—	—	+ .0010	0	—	—
315	»	»	»	− .0530	+ .0110	—	—	− .0035	− .0002	—	—
317	»	»	»	− .1910	− .0380	—	—	+ .0070	+ .0010	—	—
324	98	»	»	− .0510	− .0140	—	—	+ .0040	+ .0004	—	—
329	»	»	»	− .0590	− .0400	—	—	+ .0070	+ .0004	—	—
331	»	»	Widerstands-Supplement	− .0360	− .0300	—	—	+ .0030	+ .0010	—	—
332	»	»	Kältezügelung	− .0340	− .0080	—	—	+ .0030	+ .0010	—	—
333	»	»	»	+ .0700	− .0350	—	—	− .0040	+ .0020	—	—
127	86	Ehrlich	Zügelk.	−0.1040	−0.0050	+0.0307	−0.0060	+0.0040	0	−0.0040	+0.0002
134	82	»	»	− .1290	− .0056	− .0773	+ .0010	+ .0080	+0.0003	+ .0015	− .0003
181	80	»	für Kälte	+ .1440	− .0220	+ .0403	+ .0114	+ .0160	+ .0050	+ .0030	− .0000
194	85	»	Zügelk.	− .0380	+ .0020	− .0157	− .0033	+ .0070	0	− .0013	− .0007
209	83	»	»	− .0480	0	− .0430	− .0010	− .0040	− .0002	+ .0040	0
211	84	»	»	− .1210	− .0300	+ .0640	− .0033	+ .0050	0	+ .0024	+ .0005
214	»	»	»	− .1200	− .0120	− .0540	+ .0009	+ .0080	+ .0020	+ .0020	0
215	»	»	»	+ .3300	− .0230	− .1295	− .0075	− .0210	0	− .0120	+ .0010
216	85	»	»	+ .0670	− .0150	+ .0260	+ .0070	+ .0080	+ .0010	+ .0014	+ .0005
230	86	»	»	− .0600	+ .0200	+ .0197	− .0044	+ .0050	+ .0010	− .0010	+ .0002
234	90	»	»	+ .0730	− .0040	+ .0345	− .0097	− .0040	− .0010	− .0050	+ .0010
238	87	»	»	+ .0190	+ .0040	+ .0160	− .0002	+ .0030	0	− .0020	+ .0002
258	91	»	»	− .0670	− .0070	− .0180	+ .0090	+ .0030	+ .0004	− .0007	+ .0003
236	90	»	»	− .1110	− .0340	—	—	+ .0030	0	—	—
247	89	»	»	+ .1150	+ .1030	—	—	− .0050	0	—	—
249	92	»	»	− .0470	− .0420	—	—	+ .0030	+ .0010	—	—
257	90	»	»	− .1490	− .0190	—	—	+ .0150	+ .0050	—	—
259	91	»	»	+ .0510	− .0050	—	—	+ .0030	− .0002	—	—

Digitized by Google

M No.	Angekauft	Fabrikant	Art der Hülfskompensation	*a* grösstes	*a* kleinstes	*a* jährl. Veränderung grösste	*a* jährl. Veränderung kleinste	*b* grösstes	*b* kleinstes	*b* jährl. Veränderung grösste	*b* jährl. Veränderung kleinste
262	91	Ehrlich	Zügelk.	+0.0650	+0.0280	—	—	+0.0010	+0.0003	—	—
264	»	»	»	− .0840	+ .0140	—	—	+ .0050	+ .0020	—	—
269	92	»	»	− .1520	− .0540	—	—	+ .0090	+ .0010	—	—
302	96	»	»	+ .0150	− .0010	—	—	+ .0020	− .0010	—	—
303	»	»	»	− .0950	− .0030	—	—	+ .0040	+ .0020	—	—
304	»	»	»	− .0960	+ .0050	—	—	+ .0028	+ .0005	—	—
320	97	»	»	+ .1040	+ .0190	—	—	− .0010	− .0010	—	—
328	»	»	»	− .0340	+ .0170	—	—	+ .0030	+ .0010	—	—
158	79	Eppner	Hülfsk.	+0.2050	+0.0070	+0.0573	0	+0.0120	−0.0020	−0.0023	−0.0005
169	80	»	»	+ .1390	+ .0243	− .1125	+0.0007	+ .0150	+ .0020	+ .0030	+ .0003
179	»	»	»	− .1350	+ .0190	+ .0940	− .0043	+ .0130	+ .0020	− .0080	− .0003
186	»	»	»	+ .2080	− .0130	− .1760	− .0015	+ .0140	+ .0010	+ .0130	+ .0010
173	80	Knoblich	nach Kullberg	+0.2910	−0.0270	−0.0753	−0.0010	+0.0140	−0.0038	+0.0017	+0.0003
193	»	»	Hülfsk.	− .2670	+ .0060	− .1083	− .0020	− .0050	0	+ .0020	− .0003
199	81	»	»	+ .2380	+ .0030	− .0243	+ .0057	+ .0190	0	− .0045	+ .0003
182	80	Kutter	Airysche	+0.0820	+0.0100	−0.0360	−0.0070	+0.0160	+0.0050	−0.0045	0
213	84	Gerlin	Hülfsk.	−0.1040	−0.0140	+0.0490	−0.0045	+0.0060	−0.0010	−0.0080	0
229	86	Petersen	Zügelk.	−0.1860	−0.0780	−0.0830	0	+0.0070	+0.0030	+0.0040	+0.0003
232	86	Krahmer	Hülfsk.	−0.1100	−0.0230	−0.0430	−0.0010	−0.0090	+0.0020	−0.0053	0
233	87	Kittel	für Kälte und Wärme	+0.0900	−0.0020	+0.0820	−0.0013	+0.0160	+0.0020	+0.0070	+0.0007
256	90	»	»	− .1880	+ .0250	—	—	+ .0080	0	—	—
267	91	»	Hülfsk.	+ .1560	+ .1010	—	—	+ .0040	+ .0030	—	—
305	96	»	für Kälte	+ .1090	+ .0580	—	—	− .0040	− .0040	—	—
314	97	»	Federk.	+ .0560	− .0360	—	—	− .0013	0	—	—
321	»	»	für Kälte	+ .1240	+ .0940	—	—	+ .0070	− .0030	—	—
335	98	»	Rückwirkende	+ .0410	+ .0060	—	—	− .0040	− .0001	—	—
295	96	Lange u. Söhne	für Kälte	+0.0330	+0.0090	—	—	+0.0010	−0.0010	—	—
296	»	»	»	+ .0490	+ .0090	—	—	− .0050	0	—	—
322	97	Schlesicky	Hülfsk.	−0.1220	−0.1000	—	—	+0.0070	−0.0010	—	—
323	»	»	»	+ .0240	− .0180	—	—	+ .0080	+ .0060	—	—
Summe ... 90 Chron.											

Tab. VIb. **Hülfskompensation nach Fabrikanten geordnet.**

Fabrikant	grösstes *a* über 0°0999			grösstes *a* unter 0°0999								
	0.1 ...	0.2 ...	0.3 ...	0.09 ..	0.08 ..	0.07 ..	0.06 ..	0.05 ..	0.04 ..	0.03 ..	0.02 ..	0.01 ..
Bröcking	10 = 24%	2 = 5%	—	3 = 7%	4 = 10%	3 = 7%	6 = 14%	4 = 10%	3 = 7%	6 = 14%	1 = 2%	—
Ehrlich	10 = 37 »*	—	1 = 4%	2 = 8 »	1 = 4 »	1 = 4 »	4 = 15 »	1 = 4 »	2 = 8 »	2 = 8 »	—	2 = 8%
Eppner	2 = 50 »	2 = 50 »	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Knoblich	—	3 = 100 »	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Kutter	—	—	—	—	1 = 100 »	—	—	—	—	—	—	—
Gerlin	1 = 100 »	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Petersen	1 = 100 »	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Krahmer	1 = 100 »	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Kittel	4 = 58 »	—	—	1 = 14 »	—	—	—	1 = 14 »	1 = 14 »	—	—	—
Lange u. Söhne	—	—	—	—	—	—	—	—	1 = 50 »	1 = 50 »	—	—
Schlesicky	1 = 50 »	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1 = 50 »

Anmerkung. Die in den Tabellen VIb, c, d mit * bezeichneten Zahlen sind um 1 erhöht bezw. erniedrigt worden, um ganze Prozentzahlen zu erhalten.

Fabrikant	kleinstes *a* über 0°0999 Zahl
Ehrlich	1 = 4%
Kittel	1 = 14 »
Schlesicky	1 = 50 »

Digitized by Google

Fabrikant	kleinstes *a* unter 0!0099									grösstes *b* über 0!0099	
	0.09..	0.07..	0.05..	0.04..	0.03..	0.02..	0.01..	0.00..	0.0000	0.01..	0.02..
Bröcking	—	1 = 2%	2 = 5%	3 = 7%	6 = 14%	5 = 12%	10 = 24%	13 = 31%	2 = 5%	12 = 29%	—
Ehrlich	—	—	1 = 4 »	1 = 4 »	2 = 8 »	4 = 15 »	6 = 23 »	10 = 38 »	1 = 4 »	2 = 8 »	1 = 4%
Eppner	—	—	—	—	—	1 = 25 »	2 = 50 »	1 = 25 »	—	4 = 100 »	—
Knoblich	—	—	—	—	—	1 = 33 »	—	2 = 67 »	—	2 = 67 »	—
Kutter	—	—	—	—	—	—	1 = 100 »	—	—	1 = 100 »	—
Gerlin	—	—	—	—	—	—	1 = 100 »	—	—	—	—
Petersen	—	1 = 100 »	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Krahmer	—	—	—	—	—	1 = 100 »	—	—	—	—	—
Kittel	1 = 14%	—	1 = 14 »	—	1 = 14 »	—	—	2 = 30 » *	1 = 14 »	1 = 14 »	—
Lange u. Söhne	—	—	—	—	—	—	—	2 = 100 »	—	—	—
Schlesicky	—	—	—	—	—	1 = 50 »	—	—	—	—	—

Fabrikant	grösstes *b* unter 0!0099								
	0.009.	0.008.	0.007.	0.006.	0.005.	0.004.	0.003.	0.002.	0.001.
Bröcking	4 = 10%	—	4 = 10%	1 = 2%	5 = 12%	6 = 14%	6 = 14%	3 = 7%	1 = 2%
Ehrlich	1 = 4 »	3 = 11%	1 = 4 »	—	4 = 15 »	4 = 15 »	6 = 23 »	2 = 8 »	2 = 8 »
Eppner	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Knoblich	—	—	—	—	1 = 33 »	—	—	—	—
Kutter	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Gerlin	—	—	—	1 = 100 »	—	—	—	—	—
Petersen	—	—	1 = 100 »	—	—	—	—	—	—
Krahmer	1 = 100 »	—	—	—	—	—	—	—	—
Kittel	—	1 = 14 »	1 = 14 »	—	—	3 = 44 » *	—	—	1 = 14 »
Lange u. Söhne	—	—	—	—	1 = 50 »	—	—	—	1 = 50 »
Schlesicky	—	1 = 50 »	1 = 50 »	—	—	—	—	—	—

Kleinstes *b* über 0!0099.

Null.

Fabrikant	kleinstes *b* unter 0!0099							
	0.006.	0.005.	0.004.	0.003.	0.002.	0.001.	0.000.	0.0000
Bröcking	—	1 = 2%	2 = 5%	4 = 10%	6 = 14%	18 = 43%	8 = 19%	3 = 7%
Ehrlich	—	1 = 4 »	—	—	3 = 11 »	8 = 31 »	7 = 27 »	7 = 27 »
Eppner	—	—	—	—	3 = 75 »	1 = 25 »	—	—
Knoblich	—	—	—	1 = 33 »	—	—	—	2 = 17 »
Kutter	—	1 = 100 »	—	—	—	—	—	—
Gerlin	—	—	—	—	—	1 = 100 »	—	—
Petersen	—	—	—	1 = 100 »	—	—	—	—
Krahmer	—	—	—	—	1 = 100 »	—	—	—
Kittel	—	—	1 = 14 »	2 = 29 »	1 = 14 »	—	1 = 14 »	2 = 29 »
Lange u. Söhne	—	—	—	—	—	1 = 50 »	—	1 = 50 »
Schlesicky	1 = 50%	—	—	—	—	1 = 50 »	—	—

Jährliche Veränderung:

hier sind zu betrachten

20	Chronometer von	Bröcking	
13	» »	Ehrlich	
4	» »	Eppner	
3	» »	Knoblich	
1	» »	Kutter	
1	Chronometer von	Gerlin	
1	» »	Petersen	
1	» »	Krahmer	
1	» »	Kittel	

Summe: 45 Chronometer.

Fabrikant	Grösste jährliche Veränderung von *a*		Kleinste jährliche Veränderung von *a*			
	0.1...	0.0...	0.0...	0.00..	0.000.	0.0000
Bröcking	2 = 10%	18 = 90%	1 = 5%	15 = 75%	2 = 10%	2 = 10%
Ehrlich	1 = 8 »	12 = 92 »	1 = 8 »	10 = 77 »	2 = 15 »	—
Eppner	2 = 50 »	2 = 50 »	—	2 = 50 »	1 = 25 »	1 = 25 »
Knoblich	1 = 33 »	2 = 67 »	—	3 = 100 »	—	—
Kutter	—	1 = 100 »	—	1 = 100 »	—	—
Gerlin	—	1 = 100 »	—	1 = 100 »	—	—
Petersen	—	1 = 100 »	—	—	—	1 = 100 »
Krahmer	—	1 = 100 »	—	1 = 100 »	—	—
Kittel	—	1 = 100 »	—	1 = 100 »	—	—

Digitized by Google

Fabrikant	grösste jährliche Veränderung von *b*		kleinste jährliche Veränderung von *b*		
	0.0...	0.00	0.00..	0.000	0.0000
Bröcking	1 = 5%	19 = 95%	3 = 15%	8 = 40%	9 = 45%
Ehrlich	1 = 8 »	12 = 92 »	2 = 15 »	9 = 70 »	2 = 15 »
Eppner	1 = 25 »	3 = 75 »	1 = 25 »	3 = 75 »	—
Knoblich	—	3 = 100 »	—	3 = 100 »	—
Kutter	—	1 = 100 »	—	—	1 = 100 »
Gerlin	—	1 = 100 »	—	—	1 = 100 »
Petersen	—	1 = 100 »	—	1 = 100 »	—
Krahmer	—	1 = 100 »	—	—	1 = 100 »
Kittel	—	1 = 100 »	—	1 = 100 »	—

Anmerkung. Kutter, Gerlin, Petersen, Krahmer, Kittel sind nur mit je einem Chronometer vertreten, sie sind daher kaum zum Vergleich heranzuziehen.

Tab. VIc. Hülfskompensation nach Art der Kompensation geordnet.

M No.	Angekauft	Fabrikant	Art der Hülfskompensation	*a* grösstes	*a* kleinstes	*a* jährl. Veränderung grösste	*a* jährl. Veränderung kleinste	*b* grösstes	*b* kleinstes	*b* jährl. Veränderung grösste	*b* jährl. Veränderung kleinste
120	78	Bröcking	**für Kälte und Wärme**	+0.1400	−0.0020	−0.0570	−0.0010	−0.0078	−0.0010	+0.0054	0
121	»	»	»	+ .1180	+ .0050	− .0680	+ .0013	− .0073	− .0007	+ .0063	+0.0005
233	87	Kittel	»	+ .0900	− .0020	+ .0820	+ .0013	+ .0160	+ .0020	+ .0070	+ .0007
256	90	»	»	+ .1880	+ .0250	—	—	+ .0080	0	—	—
263	91	Bröcking	»	− .0402	− .0140	—	—	+ .0056	− .0010	—	—
122	78	Bröcking	**für Wärme**	−0.1790	+0.0020	−0.0720	−0.0014	+0.0160	−0.0008	−0.0090	−0.0003
203	81	»	**Wärme-Supplement**	− .2000	− .0250	− .0280	0	+ .0140	− .0007	+ .0013	− .0005
245	88	»	»	− .0880	− .0060	− .0280	− .0015	+ .0050	+ .0030	− .0035	− .0003
254	90	»	»	− .1110	+ .0210	− .0203	− .0033	+ .0050	+ .0010	+ .0013	− .0008
255	»	»	»	+ .0860	− .0430	− .0343	+ .0027	− .0030	+ .0010	− .0013	0
250	»	»	»	+ .1760	− .0170	—	—	− .0130	− .0010	—	—
123	78	Bröcking	**Airysche**	−0.2090	−0.0710	+0.0730	−0.0040	+0.0160	+0.0010	−0.0054	−0.0003
157	79	»	»	+ .1100	+ .0410	− .0900	+ .0157	+ .0090	+ .0030	+ .0030	0
182	80	Kutter	»	+ .0820	+ .0100	− .0360	− .0070	+ .0160	+ .0050	− .0045	0
222	85	Bröcking	»	− .0810	− .0150	+ .0118	− .0013	+ .0130	− .0020	− .0023	− .0005
228	86	»	»	+ .0630	+ .0080	− .0303	0	+ .0050	+ .0020	+ .0010	0
291	95	»	»	+ .0290	− .0040	—	—	− .0040	− .0010	—	—
190	80	Bröcking	**Inverse**	−0.0690	0	+0.0380	−0.0010	+0.0100	0	+0.0050	0
191	»	»	»	+ .0980	+0.0030	+ .0363	− .0007	− .0110	+0.0010	+ .0050	0
192	»	»	»	+ .0880	− .0100	+ .0260	− .0053	− .0090	+ .0005	− .0040	+0.0003
196	»	»	»	− .0680	− .0140	+ .0140	− .0023	+ .0110	+ .0010	+ .0020	+ .0010
335	98	Kittel	»	+ .0410	+ .0060	—	—	− .0040	− .0001	—	—
173	80	Knoblich	**nach Kullberg**	+0.2910	−0.0270	−0.0753	−0.0010	+0.0140	−0.0038	+0.0017	+0.0003
270	92	Bröcking	**Widerstands-Supplement**	−0.1480	−0.0150	−0.1295	+0.0060	+0.0140	+0.0010	+0.0050	+0.0008
277	93	»	»	− .0990	− .0070	+ .0920	− .0087	+ .0110	+ .0040	− .0060	+ .0010
248	90	»	»	+ .0670	+ .0030	—	—	+ .0030	− .0010	—	—
260	91	»	»	− .0380	− .0260	—	—	+ .0020	+ .0010	—	—
266	»	»	»	+ .0740	+ .0590	—	—	+ .0020	+ .0003	—	—
271	92	»	»	+ .0550	+ .0510	—	—	− .0110	− .0010	—	—
272	93	»	»	− .0470	− .0190	—	—	+ .0030	+ .0015	—	—
284	94	»	»	− .0310	− .0060	—	—	+ .0040	+ .0010	—	—
289	95	»	»	− .0360	+ .0100	—	—	+ .0040	− .0030	—	—
331	98	»	»	− .0360	− .0300	—	—	+ .0030	+ .0010	—	—
181	80	Ehrlich	**Kältezügelung bezw.**	+0.1440	−0.0220	+0.0403	+0.0114	+0.0160	+0.0050	+0.0030	−0.0006
280	94	Bröcking	**Hülfskompensation f. Kälte**	− .1660	− .0310	—	—	+ .0060	+ .0020	—	—
295	96	Lange u. Söhne	»	+ .0330	+ .0090	—	—	+ .0010	− .0010	—	—
296	»	»	»	+ .0490	+ .0090	—	—	− .0050	0	—	—
297	»	Bröcking	»	− .0370	− .0220	—	—	+ .0040	0	—	—
299	»	»	»	− .0780	− .0240	—	—	+ .0050	+ .0030	—	—
300	»	»	»	− .0400	+ .0390	—	—	+ .0020	− .0020	—	—
305	»	Kittel	»	+ .1090	+ .0580	—	—	− .0040	− .0040	—	—
312	97	Bröcking	»	− .0650	− .0340	—	—	+ .0010	0	—	—
315	»	»	»	− .0530	+ .0110	—	—	− .0035	− .0002	—	—
317	»	»	»	− .1910	− .0380	—	—	+ .0070	+ .0010	—	—
321	»	Kittel	»	+ .1240	+ .0940	—	—	+ .0070	− .0030	—	—
324	98	Bröcking	»	− .0510	− .0140	—	—	+ .0040	+ .0004	—	—
329	»	»	»	− .0590	− .0400	—	—	+ .0070	+ .0004	—	—
332	»	»	»	− .0340	− .0080	—	—	+ .0030	+ .0010	—	—
333	»	»	»	+ .0700	− .0350	—	—	− .0040	+ .0020	—	—

Digitized by Google

M No.	Angekauft	Fabrikant	Art der Hülfskompensation	a grösstes	a kleinstes	a jährl. Veränderung grösste	a jährl. Veränderung kleinste	b grösstes	b kleinstes	b jährl. Veränderung grösste	b jährl. Veränderung kleinste
127	86	Ehrlich	**Zügelkompensation**	−0.1040	−0.0050	+0.0307	−0.0060	+0.0040	0	−0.0040	+0.0002
134	82	»	»	− .1290	− .0056	− .0773	+ .0010	+ .0080	+0.0003	+ .0015	− .0003
194	85	»	»	− .0380	+ .0020	− .0157	− .0033	+ .0070	0	− .0013	− .0007
209	83	»	»	− .0480	0	− .0430	− .0010	− .0040	− .0002	− .0040	0
211	84	»	»	− .1210	− .0300	+ .0640	− .0033	+ .0050	0	+ .0024	+ .0005
214	»	»	»	− .1200	− .0120	− .0540	+ .0009	+ .0080	+ .0020	+ .0020	0
215	»	»	»	+ .3300	− .0230	− .1295	− .0075	− .0210	0	− .0120	+ .0010
216	85	»	»	+ .0670	− .0150	+ .0260	+ .0070	+ .0080	+ .0010	+ .0014	+ .0005
229	86	Petersen	»	− .1860	− .0780	− .0830	0	+ .0070	+ .0030	+ .0040	+ .0003
230	86	Ehrlich	»	− .0600	+ .0200	+ .0197	− .0044	+ .0050	+ .0010	− .0010	+ .0002
234	90	»	»	+ .0730	− .0040	+ .0345	− .0097	− .0040	− .0010	− .0050	+ .0010
238	87	»	»	+ .0190	+ .0040	+ .0160	− .0002	+ .0030	0	− .0020	+ .0002
258	91	»	»	− .0670	− .0070	− .0180	+ .0090	+ .0030	+ .0004	− .0007	+ .0003
236	90	»	»	− .1110	− .0340	−	−	+ .0030	0	−	−
247	89	»	»	+ .1150	+ .1030	−	−	− .0050	0	−	−
249	92	»	»	− .0470	− .0420	−	−	+ .0030	+ .0010	−	−
257	90	»	»	− .1490	− .0190	−	−	+ .0150	+ .0050	−	−
259	91	»	»	+ .0510	− .0050	−	−	+ .0030	+ .0002	−	−
262	»	»	»	+ .0650	+ .0280	−	−	+ .0010	+ .0003	−	−
264	»	»	»	− .0840	+ .0140	−	−	+ .0050	+ .0020	−	−
269	92	»	»	− .1520	− .0540	−	−	+ .0090	+ .0010	−	−
302	96	»	»	+ .0150	− .0010	−	−	+ .0020	− .0010	−	−
303	»	»	»	− .0950	− .0030	−	−	+ .0040	+ .0020	−	−
304	»	»	»	− .0960	+ .0050	−	−	+ .0028	+ .0005	−	−
320	97	»	»	+ .1040	+ .0190	−	−	− .0010	− .0010	−	−
328	98	»	»	− .0340	+ .0170	−	−	+ .0030	+ .0010	−	−

Tab. VId. Hülfskompensation nach Art der Kompensation geordnet.

Anzahl der Chronometer	Art der Hülfskompensation	grösstes a über 0ˢ.0999: 0.1 . . .	0.2 . . .	0.3 . . .
5	Kälte und Wärme	3 = 60%	—	—
6	Wärme	3 = 50 »	1 = 17%	—
6	Airysche	1 = 17 »	1 = 17 »	—
5	Inverse	—	—	—
1	Kullberg	—	1 = 100 »	—
10	Widerstands-Supplement	1 = 10 »	—	—
16	Kältezügelung	5 = 31 »	—	—
26	Zügelkompensation	10 = 38 »	—	1 = 4%
75	Summa			

Art der Hülfskompensation	grösstes a unter 0ˢ.0999: 0.09 . .	0.08 . .	0.07 . .	0.06 . .	0.05 . .	0.04 . .	0.03 . .	0.02 . .	0.01 . .
Kälte und Wärme	1 = 20%	—	—	—	—	1 = 20%	—	—	—
Wärme	—	2 = 33%	—	—	—	—	—	—	—
Airysche	—	2 = 32 » *	—	1 = 17%	—	—	—	1 = 17%	—
Inverse	1 = 20 »	1 = 20 »	—	2 = 40 »	—	1 = 20 »	—	—	—
Kullberg	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Widerstands-Supplement	1 = 10 »	—	1 = 10%	1 = 10 »	1 = 10%	1 = 10 »	4 = 40%	—	—
Kältezügelung	—	—	2 = 13 »	1 = 6 »	3 = 19 »	2 = 12 »	3 = 19 »	—	—
Zügelkompensation	2 = 8 »	1 = 4 »	1 = 4 »	4 = 14 » *	1 = 4 »	2 = 8 »	2 = 8 »	—	2 = 8%

Art der Hülfskompensation = Zügelkompensation. **Kleinstes a über 0ˢ.0999:** 1 = 4%

Art der Hülfskompensation	kleinstes a unter 0ˢ.0999: 0.09 . .	0.07 . .	0.05 . .	0.04 . .	0.03 . .	0.02 . .	0.01 . .	0.00 . .	0.0000
Kälte und Wärme	—	—	—	—	—	1 = 20%	1 = 20%	3 = 60%	—
Wärme	—	—	—	1 = 17%	—	2 = 33 »	1 = 17 »	2 = 33 »	—
Airysche	—	1 = 17%	—	1 = 17 »	—	—	2 = 33 »	2 = 33 »	—
Inverse	—	—	—	—	—	—	2 = 40 »	2 = 40 »	1 = 20%
Kullberg	—	—	—	—	—	1 = 100 »	—	—	—
Widerstands-Supplement	—	—	2 = 20%	—	1 = 10%	1 = 10 »	3 = 30 »	3 = 30 »	—
Kältezügelung	1 = 6%	—	1 = 6 »	1 = 6 »	5 = 31 »	3 = 19 »	2 = 13 » *	3 = 19 »	—
Zügelkompensation	—	1 = 4 »	1 = 4 »	1 = 4 »	2 = 8 »	3 = 11 »	6 = 23 »	10 = 38 »	1 = 4 »

Digitized by Google

Art der Hülfskompensation	grösstes *b* über 0.0099		
	0.01 . .	0.02 . .	
Kälte und Wärme	1 = 20%	—	
Wärme	3 = 50 »	—	
Airysche	3 = 49 » *	—	
Inverse	3 = 60 »	—	
Kullberg	1 = 100 »	—	
Widerstands-Supplement	3 = 30 »	—	
Kälteztügelung	1 = 6 »	—	
Zügelkompensation	1 = 4 »	1 = 4% †	† *M* 215

Art der Hülfskompensation	grösstes *b* unter 0.0099								
	0.009 .	0.008 .	0.007 .	0.006 .	0.005 .	0.004 .	0.003 .	0.002 .	0.001 .
Kälte und Wärme	—	1 = 20%	2 = 40%	—	1 = 20%	—	—	—	—
Wärme	—	—	—	—	2 = 33 »	—	1 = 17%	—	—
Airysche	1 = 17%	—	—	—	1 = 17 »	1 = 17%	—	—	—
Inverse	1 = 20 »	—	—	—	—	1 = 20 »	—	—	—
Kullberg	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Widerstands-Supplement	—	—	—	—	—	2 = 20 »	3 = 30 »	2 = 20%	—
Kälteztügelung	—	—	3 = 20 » *	1 = 6%	2 = 12 »	4 = 26 » *	2 = 12 »	1 = 6 »	2 = 12%
Zügelkompensation	1 = 4 »	3 = 11 »	2 = 8 »	—	4 = 15 »	4 = 15 »	6 = 23 »	2 = 8 »	2 = 8 »

Art der Hülfskompensation: —. **Kleinstes *b* über 0.0099** = Null.

Art der Hülfskompensation	kleinstes *b* unter 0.0099							
	0.006 .	0.005 .	0.004 .	0.003 .	0.002 .	0.001 .	0.000 .	0.0000
Kälte und Wärme	—	—	—	—	1 = 20%	2 = 40%	1 = 20%	1 = 20%
Wärme	—	—	—	1 = 17%	—	3 = 50 »	2 = 33 »	—
Airysche	—	1 = 17%	—	1 = 17 »	2 = 33 »	2 = 33 »	—	—
Inverse	—	—	—	—	—	2 = 40 »	2 = 40 »	1 = 20 »
Kullberg	—	—	—	1 = 100 »	—	—	—	—
Widerstands-Supplement	—	—	1 = 10%	1 = 10 »	—	7 = 70 »	1 = 10 »	—
Kälteztügelung	—	1 = 6 »	1 = 6 »	2 = 12 »	3 = 19 »	3 = 19 »	3 = 19 »	3 = 19 »
Zügelkompensation	—	1 = 4 »	—	1 = 4 »	3 = 11 »	8 = 31 »	6 = 23 »	7 = 27 »

Anzahl der Chronometer	Art der Hülfskompensation	grösste jährl. Veränderung von *a*		kleinste jährliche Veränderung von *a*			
		0.1 . . .	0.0 . .	0.0 . . .	0.00 . .	0.000 .	0.0000
3	Kälte und Wärme	—	3 = 100%	—	3 = 100%	—	—
5	Wärme	—	5 = 100 »	—	4 = 80 »	—	1 = 20%
5	Airysche	1 = 20%	4 = 80 »	1 = 20%	3 = 60 »	—	1 = 20 »
4	Inverse	—	4 = 100 »	—	3 = 75 »	1 = 25%	—
1	Kullberg	—	1 = 100 »	—	1 = 100 »	—	—
2	Widerstands-Supplement	1 = 50 »	1 = 50 »	—	2 = 100 »	—	—
1	Kälteztügelung	—	1 = 100 »	1 = 100 »	—	—	—
13	Zügelkompensation	1 = 8 »	12 = 92 »	—	10 = 77 »	2 = 15 »	1 = 8 »
34	Summe						

Art der Hülfskompensation	grösste jährl. Veränderung von *b*		kleinste jährliche Veränderung von *b*		
	0.0 . .	0.00 .	0.00 .	0.000 .	0.0000
Kälte und Wärme	—	3 = 100%	—	2 = 75%	1 = 25%
Wärme	—	5 = 100 »	—	4 = 80 »	1 = 20 »
Airysche	—	5 = 100 »	—	2 = 40 »	3 = 60 »
Inverse	—	4 = 100 »	1 = 25%	1 = 25 »	2 = 50 »
Kullberg	—	1 = 100 »	—	1 = 100 »	—
Widerstands-Supplement	—	2 = 100 »	1 = 50 »	1 = 50 »	—
Kälteztügelung	—	1 = 100 »	—	1 = 100 »	—
Zügelkompensation	1 = 8%	12 = 92 »	2 = 15 »	9 = 70 »	2 = 15 »

Digitized by Google

Andererseits wird trotz der Vortheile der Hülfskompensation von verschiedenen Chronometer-Fabrikanten, Gelehrten u. s. w. der gewöhnlichen Kompensation der Vorzug gegeben. Es sollen hier im Auszuge einige der in diesem Sinne gefällten Aeusserungen von Negus, Caspari, sowie des Vorstandes der Abtheilung IV der Deutschen Seewarte zu Hamburg, Dr. Stechert, mitgetheilt werden.[32])

Negus führt aus:

„Man hat in den letzten dreissig Jahren wohl nach keiner anderen Richtung so viel Zeit und Nachdenken aufgewendet und so wenig erreicht, als in der Vervollkommnung der gewöhnlichen Kompensations-Unruhe. Die gewöhnliche Unruhe hat die Zeitprobe bestanden und ist, wenn gut hergestellt und adjustirt, viel zweckdienlicher als irgend eine der Hülfskompensationen oder eine der bis jetzt erfundenen vervollkommneten Unruhen. Die ersteren sind unzuverlässig in ihren Leistungen, unbeständig und aus verschiedenen Gründen Unordnungen unterworfen. Die letzteren zeigen in See Gänge, welche von denen am Lande sehr abweichen. Von den in der ganzen Welt auf See gebräuchlichen Chronometern haben wahrscheinlich 99,99% die gewöhnliche Kompensations-Unruhe. Nur wenige von den vielen Tausend Chronometern verschiedener Fabrikanten, welche während eines vierzigjährigen Geschäftsbetriebes durch unsere Hände gegangen sind, waren von abweichender Form oder hatten Hülfseinrichtung, und solche waren jedesmal die unzuverlässigsten und zeigten grössere Fehler als die mit gewöhnlicher Unruhe."

Hierzu soll gleich bemerkt werden, dass diese Abhandluug im Jahre 1882 geschrieben worden ist, und jetzt sicherlich Negus, besonders in Betreff des letzten Satzes, anders sich äussern würde; jedenfalls stehen die Ergebnisse dieser Abhandlung in schroffem Gegensatz zu dem Schlusse des p. Negus.

Caspari glaubt, dass die Hülfskompensation zu delikater Natur sei.

Dr. Stechert äussert sich:

„Alle derartigen Hülfskompensationen und verbesserten Unruhen haben, besonders wenn sie von den mit der Einrichtung und den Eigenschaften vollkommen vertrauten Erfindern hergestellt und regulirt waren, längere Zeit hindurch vortreffliche Gangresultate geliefert. Es lässt sich nicht leugnen, dass gerade während des letzten Jahrzehnts sich gut ausgeführte Hülfskompensationen auch an Bord voll und ganz bewährt und ein sehr regelmässiges Verhalten gezeigt haben. Nichtsdestoweniger ist man, besonders in der nautischen Praxis, immer wieder zur einfachen Temperatur-Kompensation zurückgekehrt, weil jene komplizirten Mechanismen viel leichter Störungen und Unordnungen unterworfen sind und somit einen geringeren Grad der Zuverlässigkeit besitzen. Ausserdem kommt für den Seemann das praktische Bedenken hinzu, dass er Instrumente mit Hülfskompensation nicht jedem Fabrikanten, besonders im Auslande, zur Reparatur oder Reinigung anvertrauen kann. Um ein solches Chronometer schnell und sorgfältig zu reguliren, bedarf es in der That grosser Erfahrung auf einem Spezialgebiete, welche man bei der grossen Mannigfaltigkeit der Anordnung der Hülfskompensation nicht bei jedem Chronometermacher voraussetzen darf. Wird also durch irgend einen Zufall eine plötzliche Reparatur nothwendig, so kann ein Kapitän, welcher auf die Benutzung nur eines Chronometers angewiesen ist, in grosse Verlegenheit gerathen.

Andererseits lehrt die Erfahrung, dass im allgemeinen das Chronometer mit einfacher Temperatur-Kompensation Angaben von genau gleicher Zuverlässigkeit liefert, wie ein Chronometer mit Hülfskompensation, wenn nur der Beobachter das Instrument mit der nöthigen Sorgfalt behandelt und die durch eine Voruntersuchung auf einem Chronometer-Observatorium erlangten Instrumental-Konstanten, sowie die später beobachteten Gangwerthe in richtiger Weise verwerthet."

Es muss allerdings zugegeben werden, dass es schwierig sein wird, falls die Hülfskompensation in Unordnung gerathen sein sollte, diese, namentlich im Auslande, zu repariren; hierzu ist jedoch zu bemerken, dass nach diesseitigem Wissen bezw. Erfahrungen an Chronometern mit Hülfskompensationen der Kaiserlichen Marine noch niemals eine Störung in der Hülfskompensation selber eingetreten ist, und nie Reparaturen an dieser stattgefunden haben, während es bei Chronometern mit gewöhnlicher Kompensation vorgekommen ist, dass sich die eine Korrektionsschraube der Unruhe gelöst hatte — *M* 18, Eppner 190 —.

Die Reparaturen bei Chronometern mit Hülfskompensation bezogen sich, wie schon vorher erwähnt ist, zum grössten Theil nur auf eine Ergänzung der Spirale oder der Zugfeder, auf Poliren der Unruhzapfen, Befestigen der Zeiger u. s. w. — Vergl. Fussnote 21.

---

[32]) Vergleiche „Annalen der Hydrographie", 1883, Seite 20; aus dem „Archiv der Deutschen Seewarte", 1894, No. 4, Seite 23; „Untersuchungen über Chronometer und nautische Instrumente", Studie von E. Caspari, Marine-Ingenieur in Paris, deutsche Uebersetzung von E. Gohlke, 1893, Seite 222; „Das Chronometer", von Dr. C. Stechert, 1896, Seite 24.

Digitized by Google

Sollte ausnahmsweise eine Reparatur der Hülfskompensation nöthig werden, so kann dies als schwerwiegender Faktor allein in Betracht kommen, bei Schiffen die nur ein Chronometer an Bord haben, also für Kauffahrteischiffe; Kriegsschiffe, wenigstens unsere, haben, sowie sie in das Ausland gehen, stets mehrere Chronometer zur Verfügung und würde hier der Ausfall eines derselben nicht den grossen Vortheil aufheben, den die Hülfskompensation der gewöhnlichen Kompensation gegenüber bietet.[33]) Dass sie dieses wirklich bietet ist aus der Abhandlung genügend nachgewiesen worden, und kann daher diesseits nicht dem beigestimmt werden, dass Chronometer mit einfacher Temperatur-Kompensation Angaben genau gleicher Zuverlässigkeit liefern, wie ein Chronometer mit Hülfskompensation, wenn nur die Chronometer mit der nöthigen Sorgfalt behandelt werden u. s. w.

Die zu dieser Untersuchung herangezogenen Chronometer waren sämtlich, auch die mit gewöhnlicher Kompensation, nur an Bord eines S. M. Schiffe bezw. auf dem Observatorium benutzt worden; es ist daher anzunehmen, dass sie sowohl stets mit der genügenden Sorgfalt behandelt worden sind, als auch, dass die durch eine Voruntersuchung auf einem Chronometer-Observatorium erlangten Instrumental-Konstanten, sowie die später beobachteten Gangwerthe in richtiger Weise verwerthet worden sind. Trotz der richtigen Behandlung der Chronometer mit gewöhnlicher Kompensation hat sich dennoch ein nicht unbedeutendes Uebergewicht der Chronometer mit Hülfskompensation vor denen mit gewöhnlicher gezeigt.[34])

Schliesslich sei noch eine Bemerkung in die Betrachtung gezogen, welche in dem Lehrbuche der Navigation II, Theil VI, „das Chronometer", Seite 267, aufgeführt ist, und in welcher angeführt wird, dass die Hülfskompensationen, namentlich die nur bei bestimmter Temperatur wirkenden, einen geringeren Grad der Zuverlässigkeit besässen, als einfache Temperatur-Kompensationen, weil im Laufe der Zeit geringe Spuren von Staub und Oelpartikelchen zwischen die Unruhe und Anlehnungsstücke gelangten. Diese Verunreinigungen

---

[33]) Bei Kauffahrteischiffen könnte dem Uebel abgeholfen werden, wenn von Staatswegen verlangt würde, wie es bereits von anderer Seite vorgeschlagen worden ist und diesseits nur als richtig anerkannt werden muss, dass sämtliche ins Ausland gehende Schiffe mindestens zwei Chronometer an Bord zu führen haben.

[34]) Ausser der angezogenen Aeusserung von Caspari führt derselbe in seinem erwähnten Werke noch auf Seite 83 an, dass die Hülfskompensation von Jacob nicht richtig gewirkt habe; auf Seite 151 meint er, dass Hülfskompensationen in dem Mechanismus eine Zusammenhäufung von Bestandtheilen einführten, welche die Regelmässigkeit der Wirkungen schädige. Des Ferneren glaubt Caspari auf Seite 153, dass die Chronometermacher grosse Vortheile haben würden, wenn sie bei dem erprobten Modell der kreisförmigen Unruhe von Stahl und Messing, verbunden mit einer Spirale von gehärtetem Stahl, bleiben würden, da so die Produktion industrieller würde und es ermöglichte, den Preis der Chronometer herabzusetzen. — Schliesslich kommt derselbe zu der Schlussfolge, dass die Bestrebungen dahin gerichtet werden müssten, einfache Konstruktionen herzustellen, in denen der aus der Temperatur herrührende Fehler auf ein Minimum gebracht wäre.

Auch Professor Dr. L. Ambronn schreibt in seinem „Handbuch der astronomischen Instrumentenkunde": Dass eine genaue Betrachtung aller Einflüsse, welchen die regulirenden Theile eines Chronometers ausgesetzt sind, es in mancher Hinsicht gerathen sein lasse, von Komplikationen in der Kompensation ganz abzusehen und diese so einfach wie möglich zu gestalten u. s. w.

Aus allen angezogenen Auslassungen geht hervor, dass es vortheilhaft für die Industrie und die Chronometer selber sein würde, wenn möglichst einfache Konstruktionen verwendet würden, nicht aber, dass diese einfachen Konstruktionen augenblicklich auch dasselbe oder besseres leisten wie die Hülfskonstruktionen; es ist nur der Wunsch zu ersehen, möglichst dahin zu streben, einfache Unruhen so herzustellen, dass sie ebenso gut wirken, wie die jetzige Hülfskompensation. Selbstredend ist, wenn angängig, das Einfache immer dem Komplizirteren vorzuziehen, aber leider ist dies nicht stets möglich. Es müssen die Mängel, welche das Einfache aufweist, durch Hülfskonstruktionen solange verbessert werden, bis es gelungen ist, sie zu beseitigen. Sollten die in der letzten Zeit namentlich von französischen Chronometermachern angestellten Versuche mit Palladium-Spiralen und einfacher Kompensationsunruhe ohne Hülfskompensation bezw. die durch Dr. Ch. Ed. Guillaume, dem Direktor des Observatoriums zu Neuchâtel, erfundene Unruhe aus Messing und Nickelstahl nebst Spiralfeder aus Nickelstahl-Legirung ein derartig günstiges Ergebniss erzielen, wie gehofft wird, dass sie nämlich eben so gut arbeiten, wie Chronometer mit Hülfskompensationen, so sind unbedingt Chronometer solcher Art, denen mit komplizirteren Kompensationen vorzuziehen. Vorläufig jedoch muss versucht werden, durch Hülfskonstruktionen die einfache Kompensation aufzubessern.

Anmerkung. Der bekannte Chronometerfabrikant Nardin aus Locle schreibt über die Anwendung von Nickelstahl: »Die Anwendung von Nickelstahl für die Herstellung von kreisförmigen Unruhen ist der grösste Fortschritt, welcher seit langer Zeit in der Temperatur-Reglage der Chronometer gemacht worden ist. Dieses Verdienst ist dem Dr. Guillaume zuzuschreiben.«

Auch Paul Perret in Chaux de Fonds hat eine Kompensations-Einrichtung sich schützen lassen, bei der die Unruhe die gewöhnliche ist, die Spiralfeder aber aus einer Legirung von 72 Gewichtstheilen Stahl, 28 Gewichtstheilen Nickel besteht. Diese Legirung soll die Eigenschaft haben, mit dem Steigen der Temperatur gerade so viel an Elastizität zu gewinnen, um den erforderlichen Ausgleich für die Wirkung der Temperaturerhöhung auf die Unruhe auszugleichen.

Digitized by Google

könnten sowohl veranlassen, dass die Hülfskompensation zu früh in Wirksamkeit tritt, als auch, dass ein Kleben und später ein plötzliches Abreissen der Anlehnungsstücke stattfindet. Letzterer Fall sei erfahrungsgemäss häufig die Ursache beträchtlicher Gangstörungen geworden.

Diesseits kann obigen Anführungen nach den Erfahrungen, welche das Observatorium bis jetzt gesammelt hat, nicht unbedingt zugestimmt werden, jedenfalls sind hier die oben angeführten Gründe nie die Ursache beträchtlicher Gangstörungen geworden. Nach eigener Anschauung sowohl als auch nach Erkundigungen, welche das Observatorium bei den hiesigen für das Institut arbeitenden Chronometermachern eingezogen hat, wird weder die Unruhe noch die Spirale auch nur mit dem geringsten Hauch von Oel versehen, sie bleiben im Gegentheil vollkommen trocken, werden sogar mit Kohle pp. besonders sorgfältig abgerieben, — nicht einmal die Zähne der ineinander greifenden Räder erhalten einen Oelbezug — damit nur ja kein Oel mehr daran haftet, weil dieses einerseits die betreffenden Theile unnöthig beschwert, andererseits aber auch ein An- bezw. Festsetzen von Staub begünstigt; nur die Zapfenlager erhalten einen kleinen Oeltropfen.

Der einzige Theil, welcher stärker geölt wird, damit er sich möglichst gleichmässig während der Bewegung abwickelt, ist die Zugfeder. Diese wird aber, nach diesseits eingezogenen Erkundigungen bei mehreren älteren erfahrenen Chronometermachern, nicht direkt geölt, sondern durch in Oel getränktes Seidenpapier gezogen, damit kein überflüssiges Oel an der Feder haften bleibt. Wenn die Zugfeder daher vorschriftsmässig geölt ist, so ist ein Hervorquellen von Oel unmöglich.

Sollte nun trotz aller Vorsicht ein Verspritzen des Oels stattfinden, so kann es nur durch ein kleines Loch im Deckel des Federhauses treten, welches zum Einsetzen eines Hakens beim Lüften desselben während der Reinigung dient. Einen so selten eintretenden abnormen Fall, muss man aber als ein Zufalls-Resultat ansehen und kann daher dieser Grund nicht zur Aufstellung der Regel dienen, dass die Hülfskompensation einen geringeren Grad der Zuverlässigkeit besitzt, als wie einfache Temperatur-Kompensation, weil im Laufe der Zeit geringe Spuren von Staub und Oelpartikelchen zwischen die Unruhe und die Anlehnungsstücke gelangten.[35])

Bei den hiesigen Untersuchungen von Bord zurückgekehrter Chronometer hat sich niemals eine Oelfestsetzung auf der Unruhe gezeigt;[36]) Staubbildung nur dann, wenn durch Feuchtigkeit Rost oder Schimmel erzeugt worden war. Die Unruhe selbst ist ja auch immer in Bewegung, es kann sich auf dieser daher, so lange sie rein ist, kein Staub ansetzen.

Sollten wirklich geringe Spuren von Oelpartikelchen und Staub — meist bestehend aus von dem Räderwerk abgearbeiteten Messingspähnchen — an die sich bewegenden Theile gelangen, so kann, wie Dr. L. Ambronn in dem Handbuch der nautischen Instrumentenkunde (Berlin 1899, Band I, Seite 260) als Befürchtung ausspricht, wohl einmal ein Kleben dieser Theile eintreten, so dass sie nicht genau im beabsichtigten Momente zur Wirkung gelangen, sondern erst nach Ueberwindung einer gewissen Spannung, erfahrungsgemäss häufig tritt der Fall aber nicht auf und wird voraussichtlich ganz aufhören, wenn unserer Chronometer-Industrie ihr Streben gelingt, die Zahnformen der Chronometerräder der Theorie des Eingriffs entsprechend herzustellen, wie es bei den Zähnen der englischen Chronometerräder bis jetzt nicht der Fall ist; die letzteren üben nicht nur eine Druckwirkung, sondern auch eine recht bedeutende Reibung auf einander aus, wodurch ganz feine Messingspähne — der oben angezogene Staub — erzeugt werden.

Es erscheint jedoch auch so unwahrscheinlich, dass durch den Staub und die Oelpartikelchen ein Kleben und später ein plötzliches Abreissen der Anlehnungsstücke verursacht wird, zumal bei den meisten Hülfskompensationen die Berührung der Anlehnungsstücke an die Unruhe nur durch eine feine Schraubenspitze bewirkt wird. Dass nun diese durch geringe Oel- und Staubpartikelchen erzeugte kleine Widerstandsfläche eine derartige Kraft entwickeln sollte, dass sie der Ausdehnung der verhältnissmässig starken Metalltheile

---

[35]) Ein Eindringen von Oel aus dem Federhaus in das Innere des Gehäuses kann ganz vermieden werden, wenn das erwähnte Loch im Deckel durch einen leicht anzubringenden Verschluss geschlossen wird. Dass dieses noch nicht geschehen, ist ein Zeichen dafür, dass die erfahrenen Chronometer-Fabrikanten ein derartiges Spritzen des Oels nicht befürchten. Es wäre jedoch vortheilhaft, wenn die Chronometermacher in Zukunft auch diesen wunden Punkt ausmerzten, so dass selbst durch Fuscherarbeit kein Verschmutzen der Theile der Hülfskompensation von hierher eintreten kann.

[36]) Nach Aussage eines hiesigen Chronometermachers ist von ihm in seiner langjährigen Praxis, in der er über 1000 Chronometer gereinigt hat, noch niemals Oel auf der Unruhe gefunden worden; ein Zeichen der Seltenheit des Vorkommens eines derartigen Falles.

Digitized by Google

mit Erfolg entgegen arbeitet, ist kaum anzunehmen; die Kraft, erzeugt durch das Ausdehnungsbestreben der Unruhschenkel, ist doch wohl zu gross im Verhältniss zu der Kraft, welche die Berührungsfläche auszuüben vermag, so dass die letztere unbeachtet bleiben kann. Jedenfalls ist bei den hier befindlichen Chronometern ein derartiger Fall unbekannt.

Gangstörungen, verursacht durch ein Kleben und ein plötzliches Abreissen der Anlehnungsstücke, sind diesseits nie bemerkt worden. Die bisherigen Ursachen beträchtlicher Gangstörungen waren nur: „Störungen in der Hemmung, ein Loslösen von Feinstellungsschrauben, zu grosse Feuchtigkeit und dem zu Folge ein starkes Rosten oder Schimmelbildung an der Unruhe bezw. der Spirale und starke Stösse oder Erschütterungen, denen das Chronometer ausgesetzt worden war."

Sollte dennoch einmal eine grössere Gangänderung verursacht werden durch ein Kleben der Hülfskompensation, so kann dieses mit einer gewissen Berechtigung als ein Zufalls-Resultat bezeichnet werden, darf jedenfalls nicht als ein die Zuverlässigkeit der Hülfskompensation beeinträchtigendes Gewicht angesehen werden.

Gesamtergebniss.

Als Gesamtergebniss aller bisherigen Erwägungen bleibt demnach das folgende bestehen:

Die Zuverlässigkeit der Chronometer mit Hülfskompensation ist grösser als die solcher mit einfacher Kompensation.

Der soeben nachgewiesene Vortheil grösserer Zuverlässigkeit von Chronometern mit Hülfskompensation wurde festgestellt in der Hauptsache mit Hülfe von Instrumenten, deren Ankauf nur bis zu dem Jahre 1885 reicht, um wieviel zuverlässiger müssen die neueren mit verbesserter Hülfskompensation versehenen Chronometer sein! Dass die Hülfskompensationen verbessert sind und ein Fortschritt in der Chronometer-Anfertigung festzustellen ist, giebt neuerdings auch die Abtheil. IV der Seewarte (Chronometer-Institut) zu. In dem Berichte über die 23. auf der Deutschen Seewarte abgehaltenen Konkurrenzprüfung von Marine-Chronometern im Winter 1899/1900 — Annalen der Hydrographie vom Jahre 1900, Heft VI, Seite 271 — heisst es:

„Die vorstehende Uebersicht lässt erkennen, dass im allgemeinen eine Vergrösserung der Prozentzahlen für die beiden ersten Klassen im Laufe der Jahre stattgefunden hat. Dieses günstige Ergebniss ist jedenfalls in erster Linie der erhöhten Geschicklichkeit der Feinsteller in der letzten Zeit zu verdanken. Andererseits hat hierzu nach der Ansicht des Unterzeichneten nicht unwesentlich der Umstand beigetragen, dass während der letzten Jahre eine grössere Anzahl Chronometer eingeliefert wurden, welche mit der neueren, vortrefflich wirkenden Hülfskompensation für Kälte von Kullberg versehen waren u. s. w. — Noch etwas deutlicher als die vorstehende prozentische Zusammenstellung tritt der soeben erwähnte Fortschritt in der Gesamtleistung durch folgende Betrachtung hervor u. s. f."

Aus der gesamten Betrachtung wird dieseits folgendes Endurtheil gefällt:

Endurtheil.

Chronometer mit Hülfskompensation sind ein grosser Fortschritt gegen Chronometer mit gewöhnlicher Kompensation und es ist den ersteren, trotz der Komplizirtheit des Mechanismus der Vorzug zu geben vor den letzteren.

4. Beurtheilung der Güte der Chronometer oder des zu ihrer Anfertigung verwandten Materials nach der Grösse der Koeffizienten bezw. aus deren jährlichen Veränderung.

4) Lässt sich aus der Grösse der Koeffizienten bezw. aus deren jährlichen Veränderung ein Urtheil über die Güte der Chronometer oder über das zu ihrer Anfertigung verwandte Material ziehen?

Ist unter 3) die Art der Kompensation miteinander verglichen worden, so soll zum Schlusse der Untersuchung noch einer kurzen Betrachtung unterzogen werden, ob aus der Grösse der Koeffizienten bezw. deren jährlichen Veränderung überhaupt ein Urtheil gefällt werden kann über die Güte der betreffenden Chronometer oder über das Material, aus welchem dieselben angefertigt worden sind.

Digitized by Google

Die Beantwortung liegt schon in der Lösung der Frage unter 3).

Daselbst wurde gefunden, dass je mehr das Material durch die Temperatur beeinflusst wird, um so grösser die jährliche Koeffizienten-Aenderung ist; also je grösser letztere sich zeigt, um so ungeeigneter ist das zum Chronometerbau verwandte Material, falls diese Aenderung nicht durch fehlerhaften Bau veranlasst wird.

Die Frage inbezug auf die Grösse der Koeffizienten ist gleichfalls bereits unter 3) besprochen worden. Dementsprechend lässt sich ohne Weiteres sagen:

Je kleiner die Temperatur-Koeffizienten *a* und *b* sind, um so bequemer ist ein Chronometer bei der täglichen Ortsbestimmung zu verwenden und je grösser die jährliche Koeffizienten-Aenderung sich zeigt, um so geringwerthiger ist ein Chronometer, um so ungeeigneter ist das zur Anfertigung des Chronometers benutzte Material bezw. um so schlechter ist die Ausführung des Werkes.

Digitized by Google

Kaiserliche Marine.

Deutsche Seewarte.

Aus dem

Archiv der Deutschen Seewarte.

XXV. Jahrgang: 1902.

HAMBURG 1902.

Gedruckt bei Hammerich & Lesser in Altona.

Digitized by Google

Digitized by Google

Kaiserliche Marine.

Deutsche Seewarte.

Aus dem

Archiv der Deutschen Seewarte.

U.S. NAVAL OBSERVATORY
LIBRARY
APR 4
1903
WASHINGTON

XXV. Jahrgang: 1902.

HAMBURG 1902.

Gedruckt bei Hammerich & Lesser in Altona.

Digitized by Google

INHALT.

Vorwort zum XXV. Jahrgange des Sammelwerkes „Aus dem Archiv der Deutschen Seewarte".

Alphabetisches Inhaltsverzeichniss der ersten 25 Jahrgänge des Archivs.

No. **1.** Ueber die Anordnung der Nadeln einer Kompassrose zur Vermeidung der sextantalen und oktantalen Deviation. (Ergänzung zu der Abhandlung: „Zur Lehre von der Deviation des Kompasses", Aus dem Archiv der Deutschen Seewarte, 1897, No. 1). Von Prof. Dr. *C. Börgen*, Vorstand des Kais. Marine-Observatoriums zu Wilhelmshaven. (Mit 5 im Texte gegebenen Figuren.)

No. **2.** Ueber eine neue „kimmfreie" astronomische Standlinie. Von Dr. phil. *Carl W. Wirtz*, Observator an der Kaiserlichen Sternwarte in Strassburg i. E. (Mit 2 im Texte gegebenen Figuren.)

No. **3.** Definitive Bestimmung der Bahn des Kometen 1899 I (Swift). Von *A. Wedemeyer.*

No. **4.** Ergebnisse von Sextantenprüfungen an der Deutschen Seewarte. Bearbeitet von Dr. *J. B. Messerschmitt.*

No. **5.** Neubearbeitung der nordatlantischen Wetterausschau. Dampferkarte für Februar und März 1902 (nebst der Kartenanlage für März 1902). Von Dr. *v. Neumayer.*

LIBRARY OF CONGRESS DEC 1935 EXCHANGE

B. & Transfer U. S. Naval Observatory. JUN 24 1935

Exchange Library of Congress

Digitized by Google

Vorwort

zum

XXV. Jahrgange des Sammelwerkes „Aus dem Archiv der Deutschen Seewarte."

Mit dem vorliegenden Bande schliesst das erste Vierteljahrhundert dieses Sammelwerkes und erscheint es wohl zweckentsprechend, einen kurzen Ueberblick über das durch diese Veröffentlichung Geleistete zu geben.

Es trat dieses Sammelwerk auf besondere Verfügung der Direktion nach Ablauf der ersten drei Jahre des Bestehens der Seewarte ins Leben. In der am 1. November 1878 erlassenen Verfügung heisst es wörtlich:

„Nachdem die wissenschaftliche Arbeit innerhalb der Deutschen Seewarte auf allen zu deren Forschungsbereiche gehörigen Gebieten in vollem Zuge ist und die Resultate dieser Arbeit naturgemäss in kleineren und grösseren Abhandlungen niedergelegt werden, erscheint es an der Zeit, dafür Sorge zu tragen, dass solche Abhandlungen auch in einer zweckentsprechenden und würdigen Weise gedruckt und der Oeffentlichkeit übergeben werden können". Man ging dabei von der Ueberzeugung aus, dass neben der Zeitschrift „Annalen der Hydrographie und maritimen Meteorologie" ein zweites Organ, das mehr den Charakter akademischer Veröffentlichungen in sich trüge, wohl am Platze sei. In erster Linie war man dabei von der Ueberzeugung geleitet, dass die Ergebnisse wissenschaftlicher Untersuchungen über das in der Seewarte zusammenlaufende Material in grösseren Abhandlungen, die sich für die Aufnahme in die „Annalen" weniger eigneten, niedergelegt und zur Veröffentlichung gebracht werden sollten. Den Beamten wurde dadurch Gelegenheit gegeben, ihre Studien in würdiger Weise zu veröffentlichen. Allein auch ausserhalb des Beamtenkreises der Seewarte lebende Gelehrte sollten dadurch, dass ein geeignetes Organ für die Publizirung geboten ist, darauf hingeleitet werden, die reichen Quellen an Beobachtungsmaterial auszubeuten und so durch die Veröffentlichung in „Aus dem Archiv der Deutschen Seewarte" dazu beizutragen, dass die Ziele des Instituts in immer weiteren Kreisen verstanden und gefördert werden. Am Schlusse des ersten Vierteljahrhunderts des Bestehens des Sammelwerkes kann man sich bei einer Prüfung des Geleisteten der Ueberzeugung nicht verschliessen, dass die angestrebten Ziele zu einem guten Theile eine Förderung erfahren haben.

Der Inhalt der verschiedenen Bände ist, wie es die Eigenart des Wirkungskreises der Seewarte mit sich bringt, ein sehr verschieden gestalteter. In den ersten Jahrgängen, von 1878 bis 1892, bildeten die Jahresberichte über die Thätigkeit der Seewarte einen sehr bedeutenden Theil und waren stets als erste Nummer von ganz besonderem Werthe und praktischem Interesse. Dabei darf daran erinnert werden, wie namentlich in den Jahresberichten Sorge dafür getragen wurde, dass eine klare Einsicht in das Wesen der Thätigkeit des Instituts — namentlich in nautischen Kreisen — verbreitet wurde und wie eine Summe werthvollen wissenschaftlichen Materials z. B. aus den magnetischen Beobachtungen an der deutschen Küste auf diesem Wege zur Veröffentlichung und Verwerthung gelangte. Der erste Jahresbericht, der den Zeitraum von 1875 bis 1878 umfasst, fand im ersten Jahrgang Aufnahme und giebt dadurch Gelegenheit zu einem eingehenden Studium der Einrichtungen, der Methoden der Arbeit und der Konstruktion der Apparate, wie sie in dem provisorischen Dienstgebäude im Seemannshause ausgeführt wurden. Namentlich enthält dieser Bericht auch die Instruktion für die wissenschaftlichen, hauptsächlich die meteorologischen Beobachtungen

Digitized by Google

bis in alle Einzelheiten. Nach der Eröffnung der Thätigkeit der Seewarte im neuen Dienstgebäude auf dem Stintfange im August 1881 (die feierliche Eröffnung fand am 14. September statt) erwuchs die Verpflichtung, dafür Sorge zu tragen, dass die Kontinuität der Beobachtungen gewahrt bleibe, was durch zahlreiche und lange Reihen von Beobachtungen geschah, deren Ergebnisse in Beziehung auf Temperatur der Luft in dem Jahrgange 1880 und in Beziehung auf Windrichtung und Stärke in dem Jahrgang XII (1889) zur Veröffentlichung gelangten. Was ferner unerlässlich schien, war die vollständige Beschreibung der Neueinrichtungen im Dienstgebäude auf dem Stintfange, was in dem VII. Jahrgang des „Archivs" (1884) mit allen Einzelheiten der Konstruktion auch zur Ausführung kam. Es darf wohl auch daran erinnert werden, wie der im Jahre 1882 ins Leben getretene Lehrkursus für Navigationsschul-Aspiranten in den Bänden des „Archivs" eine umfassende Berücksichtigung fand, die unverkennbar ihre Früchte getragen hat.

Wenn nun auch die Jahresberichte einen recht erheblichen Theil der einzelnen Bände einnehmen, solange sie darin Aufnahme fanden (bis inklusive 1892), so würde es doch ein Irrthum sein, wollte man annehmen, dass nicht Raum genug geblieben ist für die Veröffentlichung werthvoller Abhandlungen, deren Zahl in der That in der Zeit des Bestehens des Sammelwerkes eine recht erhebliche ist. Es kann natürlich nicht versucht werden, in diesem kurzen Vorwort einen Ueberblick über die Reihe der Abhandlungen zu geben, zumal in einem Inhaltsverzeichniss, das diesem Bande beigegeben ist, dafür Sorge getragen wird, diesen Ueberblick in praktisch-brauchbarer Weise zu gewinnen. Allein wir können es uns nicht versagen, wenigstens auf einzelne Arbeiten oder Forschungen, die durch Abhandlungen in diesem Sammelwerke besonders gefördert wurden, wenn auch nur flüchtig, hinzuweisen.

Ausser der Summe von wissenschaftlicher Information, die in den erwähnten Jahresberichten niedergelegt sich befindet, enthalten die einzelnen Abhandlungen werthvolle Beiträge für die Forschung auf dem Arbeitsgebiete der Seewarte.

Bei der Mannigfaltigkeit der in den Abhandlungen vertretenen Gegenstände ist eine Auswahl der an dieser Stelle zu erwähnenden schwierig. Wie wünschenswerth es dann auch gewesen wäre, die ganze Reihe von etwa 90 Nummern aufzuzählen, wird man sich auf eine flüchtige Erwähnung der einzelnen Autoren zu beschränken haben.

Von besonderem Werthe sind die ersten Jahrgänge, die sich, wie schon erwähnt, mit dem Bau, der Einrichtung des Dienstgebäudes, den Apparaten und den Methoden der Arbeit auf den verschiedenen Forschungs-Gebieten befassten. Auch sei aus dieser Serie die Abhandlung Koldewey's über den Magnetismus in eisernen Schiffen und dessen Veränderungen als besonders bedeutsam für die Pflege der ausübenden Deviationslehre hervorgehoben. In dem III. Jahrgang muss No. 3, „Die Witterungsverhältnisse zwischen dem Felsengebirge und dem Ural", von Köppen, weil für die Entwickelung einer Methode der synoptischen Behandlung von meteorologischen Vorgängen über grösseren Gebieten an der Seewarte grundlegend geworden, hervorgehoben werden. Die schöne Abhandlung über die Untersuchung und den Gebrauch des Sextanten von Eylert (IV) verdient die Beachtung aller, die sich mit diesem wichtigen Instrumente zu beschäftigen haben; eine sich daran anschliessende Abhandlung ist von Messerschmitt im letzten Bande (XXV) veröffentlicht. Von Interesse sind auch die Abhandlungen über den Unterricht in der Deviationslehre im VI. und VII. Jahrgang, die wesentlich gleichfalls von Eylert verfasst wurden. Ueber Chronometer-Prüfung und deren Ergebnisse finden wir Abhandlungen von Rümker in I, III und VI und von Stechert in XIII. Den ozeanographischen Untersuchungen sind Abhandlungen gewidmet von Krümmel (V), von Schott (IX, XIV und XX) und in dem zuletzt genannten Jahrgange von Schulze, ferner von Puls (XVIII), von Wegemann und von Engelhardt (XXII).

Die Untersuchung der Instrumente und Apparate ist in ihren Ergebnissen in einer Anzahl von Monographien niedergelegt, die hier nicht alle aufgezählt werden können. Begreiflicher Weise nehmen die meteorologischen Untersuchungen in der Reihe der Abhandlungen eine bevorzugte Stelle ein. Zu der schon

Digitized by Google

in diesem Forschungsgebiete eingangs erwähnten Arbeit treten hinzu mehrere Abhandlungen von van Bebber über Wettertypen und Verwandtes (V, IX, XV, XVIII [hier gemeinsam mit Köppen], XXII), von Grossmann (VII, XVI, XVII, XXI, XXIII). Eine Arbeit in 2 Abhandlungen von Sprung, damals Assistent der Seewarte, wurde im Jahrgang II veröffentlicht und ist für die Einführung der neueren meteorologischen Anschauungen in Deutschland von besonderer Bedeutung geworden. Besonders erwähnt seien hier die Anemometer-Untersuchungen von Hasenkamp's (XIII und XX). Auf die Beiträge von von Danckelman (III), Neuhauss (VII), Hugo Meyer (XI), E. Herrmann (XIV), Schlee (XV), Meinardus, Knipping (beide in XVI), letzterer auch (XIX), soll hier hingewiesen werden.

Auf dem Gebiete des Erdmagnetismus und verwandter Gegenstände mögen ausser der schon eingangs erwähnten Abhandlung jene von Börgen (XIV, XVIII, XX, XXV) erwähnt werden; ferner sei auch der werthvollen Beiträge von Eschenhagen (XI, XVI), von Schaper und von Schmidt (beide in XII) gedacht. In Beziehung auf die Abhandlung Schmidt's (XXI) über den magnetischen Zustand der Erde im Jahre 1885 sei darauf hingewiesen, dass diese bedeutsame Arbeit auf den Darstellungen der magnetischen Verhältnisse durch den Direktor der Seewarte beruht. Werthvoll sind auch die Abhandlungen von Skalweit (VI u. XI), Schwarz (XV), Sack (XVI) und Maurer (XXII) auf dem Gebiete des Erdmagnetismus.

Der geographischen Ortsbestimmung ist der Jahrgang XVII nahezu ausschliesslich gewidmet. Die darin enthaltenen Abhandlungen von Bolte, Ambronn und Stechert sind für die Entwickelung der nautischen Astronomie von Bedeutung geworden. In dem Vorwort zu diesen Abhandlungen entwickelt der Direktor die Ansichten, die zu einer Umgestaltung der leitenden Gesichtspunkte bei der Ausübung und bei dem Unterricht in der Navigation zur allgemeinen Geltung kommen müssten, wenn ein den Forderungen der Gegenwart und des stets zunehmenden Seeverkehrs entsprechender Stand erreicht werden soll. Die seither zu beobachtenden Fortschritte in diesem wichtigen Zweige der Navigirung sind, wie zuverlässig angenommen werden darf, zu einem Theil auf die durch die erwähnten Arbeiten gegebene Anregung zurückzuführen.

Damit in naher Verbindung stehend, sei es gestattet, auf die astronomischen Abhandlungen von Stechert (XIX, XXII), von Ambronn (IX), von Wirtz und von Wedemeyer (XXV) und besonders auf die Abhandlung Börgen's (XXI) hinzuweisen.

Zum Schlusse sei noch einer umfangreichen Arbeit des Prof. Köppen über die Technik der Drachen-Versuche im Jahrgang XXIV gedacht.

Um die Verwendbarkeit dieses Sammelwerkes zu erhöhen und den Gebrauch desselben zu erleichtern, glaubte die Direktion, dem XXV. Jahrgang ein Inhaltsverzeichniss über die ersten 25 Jahrgänge beigeben zu sollen. Eine alphabetische Anordnung sowohl nach Autoren, als auch nach Stichwörtern schien für den Zweck am geeignetsten.

Die Direktion der Seewarte.

Dr. ***von Neumayer.***

Digitized by Google

Digitized by Google

Alphabetisches Inhaltsverzeichniss

der ersten 25 Jahrgänge „Aus dem Archiv der Deutschen Seewarte“ 1878—1902.

(Das Verzeichniss ist sowohl nach Autoren als auch nach Stichwörtern durchgeführt; die ausführlichen Titel der Abhandlungen sind i. A. bei den Autoren angegeben; die römischen Zahlen bedeuten den Band, die eingeklammerten Zahlen den Jahrgang, und dahinter steht die Nummer der Abhandlung im einzelnen Bande.)

A.

Abtheilung II, Thermometerprüfung, V (82) 4; **Barometer**, XXIII (00) 2.

Ambronn, L. Beitrag zur Bestimmung der Refraktionskonstanten, IX (86) 3; Breitenbestimmungen zur See, XVII (94) 2.

Anemometer auf dem Seemannshaus und der Seewarte. *Neumayer*, XII (89) 4; —prüfung, *v. Hasenkamp*, XIII (90) 3; —studien von *Neumayer*, *v. Hasenkamp*, XX (97) 4.

Atlantischer Ozean, Niederschlag etc. im. *Schlee*, XV (92) 3.

Atmosphärikon, Das. Eine Vorrichtung zur Erläuterung der bei atmosphärischen Erscheinungen vorkommenden Ausdrücke und Vorgänge. IV (81) 3.

B.

Barometer. Untersuchungen der Abtheilung II der Deutschen Seewarte über die Genauigkeit der Messungen mit Quecksilber-Barometern. XXIII (00) 2.

Barometerstand, Unperiodische Schwankungen des —. *Felberg*, I (78) 3.

Barometrische Maxima, *van Bebber*, XV (92) 4.

Barometrische Maxima und Minima, Volumina der aus- und einströmenden Luft in —. *Vettin*, XI (88) 5.; —Isobarentypen, *van Bebber* und *Köppen*, XVIII (95) 4; Luftströmungen in den —, *Polis*, XXII (99) 2.

Beaufort's Skala u. Windgeschwindigkeit. *Köppen*, XXI (98) 4.

Bebber, J. van. Typische Witterungserscheinungen, V (82) 3, IX (86) 2; Beitrag zur Kenntniss der Windverhältnisse an der deutschen Küste, XIII (90) 5; Das Wetter in den barometrischen Maxima, XV (92) 4; Vergleichende Regenmessungen an der D. Seewarte, XVIII (95) 3; Wissenschaftliche Grundlage einer Wettervorhersage auf mehrere Tage voraus, XXII (99) 5, XXIV (01) 2; mit **Köppen, W.**, Die Isobarentypen des Nordatlantischen Ozeans und Westeuropas, ihre Beziehung zur Lage und Bewegung der barometrischen Maxima und Minima, XVIII (95) 4.

Bessel'sche Formel. *Grossmann*, XVII (94) 5.

Bewölkung etc. im atlantischen Ozean. *Schlee*, XV (92) 3; in Tiflis, *Kassner*, XXI (98) 3.

Bewölkungsgrade, Häufigkeit der. *Köppen* u. *Meyer*, XVI (93) 5.

Börgen, C. Ableitung des Ausdrucks für die Ablenkung einer Magnetnadel durch einen Magnet, dessen Lage im Raum eine beliebige sein kann, XIV (91) 2; Ueber den Einfluss der körperlichen Dimensionen eines Magnets auf die durch denselben aus beliebiger Lage hervorgebrachte Ablenkung einer Nadel, XVIII (95) 5; Zur Lehre von der Deviation des Kompasses; Ableitung des Ausdrucks für die Schwingungsdauer einer unter dem Einfluss eines beliebig gelegenen Magnets stehenden Nadel, XX (97) 1; Ueber die Auflösung nautisch-astronomischer Aufgaben mit Hülfe der Tabelle der Meridionaltheile (der Mercator'schen Funktion), XXI (98) 1; Ueber die Anordnung der Nadeln einer Kompassrose zur Vermeidung der sextantalen und oktantalen Deviation, XXV (02) 1.

Börnstein, R. Die Gewitter vom 13.—17. Juli 1884 in Deutschland, VIII (85) 4.

Bolte, F. Die Methoden der Chronometerkontrole an Bord zum Zweck der Längenbestimmung nebst Tafeln zur Erleichterung der Reduktion, XVII (94) 1; Die Praxis der Sumner'schen Standlinien an Bord, XVII (94) 3.

Breitenbestimmung zur See. *Ambronn*, XVII (94) 2.

Buchara, Astronomisch-magnetische Beobachtungen in — 1886. *Schwarz*, XV (92) 2.

C.

Chronometer, Das Marine-. *Stechert*, XVII (94) 4. —Kontrole an Bord, *Bolte*, XVII (94) 1. —Prüfungen, *Rümker*, I (78) 4; III (80) 4; VI (83) 4; *Stechert*, XIII (90) 2. Temperatur-Koeffizienten bei —n, *Rottok*, XXIV (01) 4.

Combes'scher Apparat. *Liebenthal*, X (87) 4; *v. Hasenkamp*, XIII (90) 3.

Cyklonen, Ueber kreisähnliche —. *Kassner*, XVI (93) 2.

D.

Dämmerungserscheinungen. *Neuhaus*, VII (84) 4.

Danckelman, A. von. Regen, Hagel, Gewitter im Indischen Ozean, III (80) 2.

Deutsch-Ostafrika, Erdmagn. Beobachtungen in —. *Maurer*, XXII (99) 3. Klimatologie von —, *Maurer*, XXIV (01) 3.

Digitized by Google

Deviation. Beobachtungen. *Koldewey*, II (79) 4. Leitfaden für den populären Unterricht in der Deviations-Lehre mit Benutzung des *Neumayer*'schen Dev.-Modells, VI (83) 2. Die Lehre von der Deviation des Kompasses unter Voraussetzung einiger Vorkenntnisse in der Mathematik und Mechanik und mit Benutzung des *Neumayer*'schen Deviations-Modells erläutert, VII (84) 3. Deviation des Kompasses, *Börgen*, XX (97) 1. Sextantale und oktantale Deviation, *Börgen*, XXV (02) 1.

Drachen. *Köppen*, XXIV (01) 1.

Druckvertheilung und Windrichtung. *Möller*, X (87) 3.

Duderstadt, E. Vergleichende Temperaturbeobachtungen auf dem Reservoir bei der Seewarte, VIII (85) 2.

E.

Engelenburg, E. Aërodynamische Theorie der Gewitter. XIX (96) 4.

Engelhardt, R. Untersuchungen über die Strömungen der Ostsee, XXII (99) 6.

Erdbewegung, Effekte der — auf die Atmosphäre, *Tippenhauer*, XXIII (00) 4.

Erdmagnetische Beobachtungen in Barth, *Skalweit*, VI (83) 3, XI (88) 2; in Wilhelmshaven, *Eschenhagen*, XVI (93) 6; in Deutsch-Ostafrika, *Maurer*, XXII (99) 3. **-Inklination** zu Wilhelmshaven, *Eschenhagen*, XI (88) 4. **-Kraft.** Variationen der — zu Greenwich, *Sack*, XVI (93) 4. **Station** Magn. Aufnahmen der — in Lübeck, *Schaper*, XII (89) 2.

Erdmagnetismus, Zur allgemeinen Theorie des. *Schmidt, Ad.*, XII (89) 3; s. auch magn. Zustand.

Eschenhagen, M. Die säkulare Variation der erdmagnetischen Inklination zu Wilhelmshaven, XI (88) 4; Erdmagnetische Beobachtungen zu Wilhelmshaven am Kais. Marine-Obs. und in der Nachbarschaft desselben zur Untersuchung des Lokaleinflusses, XVI (93) 6.

Eylert, H. Der Sextant. Eine Studie über die Resultate aus der Prüfung von 700 Reflexions-Instrumenten auf der Seewarte, IV (81) 4.

F.

Falklandsee. *Krümmel*, V (82) 2.

Felberg, C. Ueber die unperiodischen monatlichen Schwankungen des Barometerstandes, I (78) 3.

Feuchtigkeit der Luft. *Grossmann*, VIII (85) 3.

Flaschenposten. *Schott*, XX (97) 2.

Föhre, C. Die Isogonen in Asien, XI (88) 3,

G.

Gewitter im indischen Ozean. *v. Danckelman*, III (80) 2; — im atlant. Ozean, *Schlee*, XV (92) 3; — vom 13.—17. Juli 84 in Deutschland, *Börnstein*, VIII (85) 4; Theorie der —, *Engelenburg*, XIX (96) 4.

Gjedser-Riff, Strömungen bei. *Schulze*, XX (97) 3.

Gradient und Windstärke. *Sprung*, II (79) 2.

Graphische Tafeln. *Maurer*, XVII (94) 6.

Greenwich, Erdmagnetische Kraft zu. *Sack*, XVI (93) 4.

Grossmann, L. Eine Studie über die absolute Feuchtigkeit der Luft, VIII (85) 3; Häufigkeit, Menge und Dichtigkeit der Niederschläge an der deutschen Küste nach 15jähr. Beobachtungen der Normal-Beobachtungs-Stationen der Deutschen Seewarte, XVI (93) 3; Ueber die Anwendung der Bessel'schen Formel in der Meteorologie, insbesondere die Berechnung der Koeffizienten in den Hauptfällen der meteorologischen Praxis, XVII (94) 5; Die Stürme und Sturmwarnungen an der deutschen Küste in den Jahren 1886—95, XXI (98) 4; Die Extremtemperaturen in Hamburg i. d. Jahren 1876—90, XXIII (00) 1; Die Aenderung der Temperatur von Tag zu Tag an der deutschen Küste in den Jahren 1890—99, XXIII (00) 5.

H.

Hadley'sches Prinzip. *Sprung*, II (79) 1.

Hagel etc. im indischen Ozean. *v. Danckelman*, III (80) 2.

Hamburg, Extremtemperaturen in — 1876—90. *Grossmann*, XXIII (00) 1.

Hasenkamp, H. v. Untersuchungen über die Methode der Anemometerprüfung mit dem Rotations-Apparat der D. Seewarte, XIII (90) 3; Anemometerstudien a. d. Deutschen Seewarte von Dr. *G. Neumayer*, bearb. von —, XX (97) 4.

Herrmann, E. Die stürmischen Winde an der deutschen Küste in den Jahren 1878—87, XIV (91) 4.

Hildebrandson, H. H. Werth der Messungen über Zugrichtungen und Höhen der Wolken für die meteorolog. Wissenschaft, XIV (91) V.

Hochwasserkatastrophen. *Krebs*, XXIII (00) 6.

I.

Indischer Ozean, Regen etc. im —. *v. Danckelman*, III (80) 2; klimatische Verhältnisse des —, *Meinardus*, XVI (93) 7.

Inklination, Erdmagn., zu Wilhelmshaven. *Eschenhagen*, XI (88) 4.

Instruktion für den meteorol. Dienst der Seewarte, I (78) 2.

Isobarentypen. *van Bebber* und *Köppen*, XVIII (95) 4.

Isogonen in Asien. *Föhre*, XI (88) 3.

J.

Jahresbericht über die Thätigkeit der Deutschen Seewarte für 1875—78, I (78) 1; für 1879, II (79) 3; für 1880—1882 III (80) 1, IV (81) 1 etc. bis XV (92) 1.

K.

Kassner, C. Ueber kreisähnliche Cyklonen, XVI (93) 2; Untersuchungen über die Bewölkungsverhältnisse in Tiflis, XXI (98) 3.

Klimatologie des indischen Ozeans. *Meinardus*, XVI (93) 7; — von Deutsch-Ostafrika, *Maurer*, XXIV (01) 3.

Knipping, E. Die tropischen Orkane der Südsee zwischen Australien u. den Paumotu-Inseln, XVI (93) 1; Ein Führer durch die meteorologischen Schiffstagebücher der Seewarte oder die Veröffentlichung von Auszügen daraus, XIX (96) 1.

Köppen, W. Untersuchung über die Witterungsverhältnisse zwischen dem Felsengebirge u. dem Ural in den Monaten Jan.—März 1878, III (80) 3; Studien über die Bestimmung der Lufttemperatur, X (87) 2; Neuere Bestimmungen über das Verhältniss zwischen der Windgeschwindigkeit und Beaufort's Stärkeskala, XXI (98) 4; Bericht über die Erforschung der freien Atmosphäre mit Hülfe von Drachen, XXIV (01) 1. Mit **Hugo Meyer:** Die Häufigkeit der verschiedenen Bewölkungsgrade als klimatolog. Element, XVI (93) 5. Mit **van Bebber:** Isobarentypen etc., siehe *van Bebber*, XVIII (95) 4.

Koldewey, C. Ueber die Veränderung des Magnetismus in eisernen Schiffen nach Deviations-Beobachtungen auf deutschen Kauffahrteischiffen, II (79) 4.

Komet, Bahn des, 1899 I. *Wedemeyer*, XXV (02) 3.

Kompass, Deviation des, *Börgen*, XX (97) 1; —**rose,** Anordnung der Nadeln einer, *Börgen*, XXV (02) 1.

Digitized by Google

Krebs, W. Die meteorologische Ursache der Hochwasserkatastrophen in den mitteleuropäischen Gebirgsländern, XXIII (00) 6.

Krümmel, O. Bemerkungen über die Meeresströmungen und Temperaturen in der Falklandsee, V (82) 2.

L.

Längenbestimmung, Chronometerkontrole f., *Bolte*, XVII (94) 1; — nach Sonnenfinsternissen, *Stechert*, XXII (99) 1.

Liebenthal, E. Die Bahncurven des Combes'schen Apparates, X (87) 4.

Luft, Absolute Feuchtigkeit der, *Grossmann*, VIII (85) 3. Der Kreislauf der —, *Möller*, X (87) 3. **—bewegungen,** Mechanik der, *Sprung*, II (79) 1. **—druck** und Wind, *Sprung*, II (79) 1 u. 2. **—strömungen** in den Maxima und Minima, *Polis*, XXII (99) 2. **—temperatur,** Bestimmung der, *Köppen*, X (87) 2.

M.

Magnet. **Zustand der Erde** 1880, *Quintus Icilius*, IV (81) 2; 1885.0, *Schmidt*, XXI (98) 2.

Magnetismus in eisernen Schiffen, *Koldewey*, II (79) 4.

Magnetnadel, Ablenkung einer, durch einen Magnet, *Börgen*, XIV (91) 2, XVIII (95) 5. Schwingungsdauer einer —, *Börgen*, XX (97) 1.

Maurer, H. Graphische Tafeln für meteorologische u. physikalische Zwecke. Theorie u. Anwendungen, XVII (94) 6. Erdmagnet. Beobacht. in Deutsch-Ostafrika, XXII (99) 3. Zur Klimatologie von Deutsch-Ostafrika, XXIV (01) 3.

Meeresströmungen in der Falklandsee. *Krümmel*, V (82) 2.

Meinardus, W. Beiträge zur Kenntniss der klimatischen Verhältnisse des nordöstlichen Theils des indischen Ozeans, auf Grund von Beobachtungen an Bord deutscher Schiffe, XVI (93) 7.

Mercator'sche Funktion. *Börgen*, XXI (98) 1.

Messerschmitt, J. B. Ergebnisse von Sextantenprüfungen an der Deutschen Seewarte, XXV (02) 4. Mit **Stechert** und **Reinicke**, Polhöhe der Seewarte, XXIII (00) 3.

Meteorolog. Dienst der Seewarte, Instruktion für den, I (78) 2; — Untersuchungen auf einer Reise um die Erde, *Neuhauss*, VII (84) 4.

Meyer, Hugo. Die Niederschlagsverhältnisse von Deutschland, insbes. von Norddeutschland i. d. J. 1876—85, XI (88) 6. Mit **Köppen,** Bewölkungsgrade etc., *Köppen*, XVI (93) 5.

Missweisung in Barth 1885. *Skalweit*, XI (88) 2.

Möller, M. Der Kreislauf der atmosphärischen Luft zwischen hohen und niederen Breiten, die Druckvertheilung und mittlere Windrichtung, X (87) 3.

N.

Nautisch-astronomische Aufgaben. *Börgen*, XXI (98) 1.

Neuhauss, R. Meteorologische Untersuchungen auf einer Reise um die Erde, sowie Beobachtungen über Dämmerungserscheinungen und Zodiakallicht, VII (84) 4.

Neumayer, G. von. Die deutsche Seewarte, I. Beschreibung der Zentralstelle, VII (84) 2; II. Rückblick auf die Thätigkeit der Seewarte, VIII (85) 2. Rückblick auf d. Thätigkeit der Seewarte. Vergleichung der Anemometer-Aufstellungen auf dem Seemannshaus 1875—81 und auf der Seewarte seit 1881, XII (89) 4. Anemometerstudien auf der Seewarte, bearb. von *v. Hasenkamp*, XX (97) 4. Neubearbeitung der nordatlant. Wetterausschau XXV (02) 5.

Neumayer'sches Deviationsmodell s. Deviation, VI (83) 2, VII (84) 3.

Niederschlag im atlantischen Ozean, *Schlee*, XV (92) 3. — an der deutschen Küste, *Grossmann*, XVI (93) 3. —s-Verhältnisse von Deutschland 1876—85, *Meyer*, XI (88) 6.

Nordatlantische Wetterausschau. *v. Neumayer*, XXV (02) 5.

O.

Orkane der Südsee. *Knipping*, XVI (93) 1.

Ostsee, Strömungen der. *Engelhardt*, XXII (99) 6, Strömungen bei Gjedser-Riff, *Schulze*, XX (97) 3.

P.

Polhöhe der Seewarte. *Stechert, Reinicke* und *Messerschmitt*, XXIII (00) 3.

Polis, P. Die Strömungen der Luft in den barometrischen Minima und Maxima, ein Beitrag zur Theorie der Cyklonen und Anticyklonen, XXII (99) 2.

Puls, C. Oberflächentemperaturen und Strömungsverhältnisse des Aequatorialgürtels des Stillen Ozeans, XVIII (95) 1.

Q.

Quintus Icilius, G. von. Der magnetische Zustand der Erde nach den von der Deutschen Seewarte herausgegebenen magnetischen Karten für 1880.0, IV (81) 2.

R.

Refraktionskonstante. *Ambronn*, IX (86) 3.

Regen etc. im indischen Ozean. *v. Danckelman*, III (80) 2. **—messungen,** vergleichende, *van Bebber*, XVIII (95) 3.

Reinicke, G., Stechert und Messerschmitt. Polhöhe der Seewarte, XXIII (00) 3.

Rottok, C. Untersuchung über die Aenderung der Temperatur-Koeffizienten *a* und *b* bei Chronometern, XXIV (01) 4.

Rümker, G. Die wissenschaftlichen Ergebnisse der in der Abth. IV der D. Seewarte abgehaltenen Konkurrenz-Prüfungen von Marine-Chronometern i. J. 1877, I (78) 4; i. d. J. 1878—80, III (80) 4; i. d. J. 1880—83, VI (83) 4.

S.

Sack, G. Ueber die tägliche, jährliche und elfjährige Periode der Variationen der erdmagnetischen Kraft zu Greenwich, XVI (93) 4.

Schaper, W. Magnet. Aufnahme des Küstengebiets zwischen Elbe und Oder, ausgeführt von der erdmagnet. Station zu Lübeck i. d. J. 1885—87, XII (89) 2.

Schiffs-Seitenlichter, Bericht u. Gutachten über die Versuche bezügl. der Abblendung der —, ausgeführt im Sommer 1895 auf Anordnung des Reichs-Marine-Amts von der Direktion der D. Seewarte. XVIII (95) 2, XIX (96) 2.

Schiffs-Tagebücher, meteorologische. *Knipping*, XIX (96) 1.

Schlee, P. Niederschlag, Gewitter und Bewölkung im südwestlichen und einem Theil des tropischen Atlantischen Ozeans nach den meteorologischen Schiffsjournalen der Deutschen Seewarte, XV (92) 3.

Schmidt, Ad. Mathematische Entwicklungen zur allgemeinen Theorie d. Erdmagnetismus, XII (89) 3. Der magnetische Zustand der Erde zur Epoche 1885.0, analytisch dargestellt, XXI (98) 2.

Schott, G. Oberflächentemperatur und Strömungen der Ostasiatischen Gewässer, XIV (91) 3. Die Flaschenposten der Deutschen Seewarte, auf Grund des bis Ende 1896 eingegangenen Materials im Auftrage der Direktion bearbeitet, XX (97) 2.

Digitized by Google

Schulze, F. Die Oberflächenströmungen bei Gjedser-Riff. Ein Beitrag zur Physik der Ostsee. XX (97) 3.

Schwarz, F. von. Astronomische, magnetische und hypsometrische Beobachtungen, ausgeführt im Jahre 1886 in Buchara etc., XV (92) 2.

Seemann, C. H. Wetterlexikon, ein Register zu den europäischen Wetterkarten von 1876—85, XIII (90) 4.

Seewarte. Instruktion, I (78) 2; Jahresberichte, I (78) bis XV (92); *Neumayer*, VII (84) 2, VIII (85) 2, XII (89) 2; Polhöhe etc., XXIII (00) 3; Schiffs-Seitenlichter, XVIII (95) 2, XIX (96) 2.

Sextant, Der. *Eylert*, IV (81) 4. Sextantenprüfungen, *Messerschmitt*, XXIII (00) 3.

Skalweit, H. G. W. Magnetische Beobachtungen in Barth, angestellt und berechnet i. d. Jahren 1881—84, VI (83) 3. Die Missweisung des Kompasses in Barth im Jahre 1885, XI (88) 2.

Sonnenfinsternisse, Längenbest. durch. *Stechert*, XXII (99) 1.

Sprung, A. Studien über den Wind und seine Beziehungen zum Luftdruck: I. Zur Mechanik der Luftbewegungen, Anhang: Ueber das Hadleysche Prinzip. II. Empirische Untersuchungen über die Beziehungen zwischen Windstärke und Gradient und deren täglicher Periode, mit besond. Berücksichtigung des deutschen Küstengebietes, II (79) 1 und 2.

Standlinie, Sumner'sche. *Bolte*, XVII (94) 3. Eine „kimmfreie" —, *Wirtz*, XXV (02) 2.

Stechert, C. Die wissenschaftlichen Ergebnisse der 7., 8., 9. in der Abth. IV der Deutschen Seewarte abgehaltenen Konkurrenzprüfungen von Marine-Chronometern 1883—86, XIII (90) 2. Das Marine-Chronometer und seine Verwendung in der nautischen Praxis, XVII (94) 4. Tafeln für Vorausberechnung der Sternbedeckungen, XIX (96) 3. Die Vorausberechnung der Sonnenfinsternisse und ihre Verwerthung zur Längenbestimmung, XXII (99) 1. Mit **Reinicke** und **Messerschmitt.** Die Polhöhe des Nordthurms der Deutschen Seewarte, XXIII (00) 3.

Sternbedeckungen. *Stechert*, XIX (96) 3.

Stiller Ozean, Oberflächentemperatur und Strömungen im. *Puls*, XVIII (95) 1.

Strömungen in der Falklandsee. *Krümmel*, V (82) 2. — der Ostasiatischen Gewässer, *Schott*, XIV (91) 3. — im Stillen Ozean, *Puls*, XVIII (95) 1. — bei Gjedser-Riff, *Schulze*, XX (97) 3. — des nordatlantischen Ozeans, *Wegemann*, XXII (99) 4. — der Ostsee, *Engelhardt*, XXII (99) 6.

Stürme und Sturmwarnungen. *Grossmann*, XXI (98) 4. — siehe auch Wind und Orkan.

Südsee, Orkane der. *Knipping*, XVI (93) 1.

T.

Tafeln für Chronometerkontrole. *Bolte*, XVII (94) 1. Graphische —, *Maurer*, XVII (94) 6. — f. Sternbedeckungen, *Stechert*, XIX (96) 3.

Temperatur in der Falklandsee. *Krümmel*, V (82) 2. Vergleichende —beobachtungen a. d. D. Seewarte, *Duderstadt*, VIII (85) 2. Bestimmung der **Luft—**, *Köppen*, X (87) 2. **Oberflächen—** der ostasiat. Gewässer, *Schott*, XIV (91) 3. — im Stillen Ozean, *Puls*, XVIII (95) 1. Die Extrem-**Temperaturen** i. Hamburg 1876/90, *Grossmann*, XXIII (00) 1. Aenderung der Temperatur von Tag zu Tag, *Grossmann* XXIII (00) 5.

Thermometerprüfung, Bericht über die — an der Deutschen Seewarte, Abtheilung II, V (82) 4.

Tiflis, Bewölkung in —. *Kassner*, XXI (98) 3.

Tippenhauer, L. G. Dynamische Effekte der doppelten Erdbewegung auf die Atmosphäre, XXIII (00) 4.

V.

Vettin. Ueber die Volumina der in die barometrischen Minim und Maxima hinein- und aus ihnen herausströmende Luft, XI (88) 5.

W.

Wedemeyer, A. Definitive Bestimmung der Bahn des Komet 1899 I (Swift), XXV (02) 3.

Wegemann, G. Die Oberflächenströmungen des nordatlan Ozeans nördlich von 50° Br., XXII (99) 4.

Wetter. —lexikon, *Seemann*, XIII (90) 4. — in den barome Maxima, *van Bebber*, XV (92) 4. —vorhersage auf mehre Tage voraus, *van Bebber*, XXII (99) 5, XXIV (01) 2.

Wetterausschau, nordatlantische, *v. Neumayer*, XXV (02) 5.

Wind und Luftdruck, *Sprung*, II (79) 1. Stürmische Winde der deutschen Küste i. d. J. 1878—87, *Herrmann*, XIV (91 —**geschwindigkeit** u. Beauforts Skala, *Köppen*, XXI (9 —**richtung** u. Druckvertheil., *Möller*, X (87) 3. —**stärk** Gradient etc., *Sprung*, II (79) 2. —**verhältnisse** an deutschen Küste, *van Bebber*, XIII (90) 5.

Wirtz, W. Ueber eine neue „kimmfreie" astronomische Sta linie, XXV (02) 2.

Witterungs-Erscheinungen, typische, *van Bebber*, V (82) 3, IX (8 —Verhältnisse Januar—März 1878, *Köppen*, III (80) 3.

Wolken, Zug und Höhe der. *Hildebrandson*, XIV (91) 5.

Z.

Zodiakallicht. *Neuhauss*, VII (84) 4.

Digitized by Google

AUS DEM
ARCHIV DER DEUTSCHEN SEEWARTE.
XXV. Jahrgang 1902.
Herausgegeben von der Direktion der Seewarte.

No. **1.**

Ueber die Anordnung der Nadeln einer Kompassrose zur Vermeidung der sextantalen und oktantalen Deviation.

(Ergänzung zu der Abhandlung: „Zur Lehre von der Deviation des Kompasses“, Aus dem Archiv der D. Seewarte, 1897, No. 1.)

Von

Prof. Dr. **C. Börgen,**
Vorstand des Kaiserlichen Marine-Observatoriums zu Wilhelmshaven.

Mit 5 im Texte gegebenen Figuren.

HAMBURG 1902.
Gedruckt bei Hammerich & Lesser in Altona.

Digitized by Google

Digitized by Google

No. 1.

Ueber die Anordnung der Nadeln einer Kompassrose zur Vermeidung der sextantalen und oktantalen Deviation.

(Ergänzung zu der Abhandlung: „Zur Lehre von der Deviation des Kompasses“, Aus dem Archiv der D. Seewarte, 1897, No. 1.)

Von Prof. Dr. **C. Börgen.**

In der im Titel genannten Abhandlung: „Zur Lehre von der Deviation des Kompasses“, in welcher die Poisson'schen Gleichungen auf den Fall ausgedehnt wurden, dass die Länge der Nadeln der Rose nicht mehr gegen die Entfernung der störenden magnetischen Massen vernachlässigt werden dürfe, wurde gezeigt, dass in diesem Falle in der Deviationsformel Glieder auftreten, welche einer sextantalen und einer oktantalen Deviation entsprechen. Es wurde dabei die stillschweigende Voraussetzung gemacht, dass die Kompassrose nur eine Nadel besässe und dass der Drehpunkt der Rose in der Mitte der Nadel liege. Dies geschah deshalb, weil ohne eingehende Prüfung angenommen wurde, dass zwei symmetrisch auf beiden Seiten des Hütchens angebrachte Nadeln von gleichen Dimensionen durch eine einzige durch den Drehpunkt der Rose gehende Nadel ersetzt werden dürften. Dies ist auch richtig, soweit es die bei der Entwickelung der Ausdrücke für die auf die Nadeln wirkenden Kräfte auftretenden Glieder mit ungeraden Potenzen des seitlichen Abstandes der Nadeln von der Nord-Süd-Linie der Rose angeht, weil diese für beide Nadeln mit entgegengesetztem Vorzeichen behaftet sind und daher bei der Ableitung des Ausdrucks für die, beiden Nadeln gemeinsame, Deviation wegfallen. Dagegen bleiben die mit geraden Potenzen dieses Abstandes multiplizirten Glieder in diesem Ausdrucke bestehen, weil sie für beide Nadeln dasselbe Vorzeichen haben. Um den Fall der im praktischen Gebrauch befindlichen Kompassrosen zu umfassen, ist es deshalb nothwendig, die in der erwähnten Abhandlung gegebenen Ausdrücke durch die von geraden Potenzen des seitlichen Abstandes der Nadeln von der Nord-Süd-Linie der Rose abhängigen Glieder zu ergänzen, was in gegenwärtiger Arbeit geschehen soll. Dabei werden wir uns jedoch auf die mit der zweiten Potenz dieses Abstandes multiplizirten Glieder beschränken, weil der Polabstand der Nadeln, welcher von derselben Ordnung ist, gleichfalls nur bis zu dieser Grenze berücksichtigt worden ist.

Als Resultat dieser Untersuchung wird sich ergeben, dass durch richtige Wahl dieses Abstandes, d. h. durch die Anordnung der Nadeln der Kompassrose, das Auftreten der sextantalen und oktantalen Glieder der Deviationsformel ganz vermieden werden kann und zwar für beliebig viele Nadelpaare.

Es ist indessen besonders hervorzuheben, dass dies Resultat nicht neu ist, es ist vielmehr schon im Jahre 1861 von Archibald Smith und Kapitän Evans theoretisch und experimentell in einer der Royal Society im April 1861 vorgelegten Abhandlung, betitelt: „On the effect produced on the deviations of the compass by the length and arrangement of the compass-needles; and on a new method of correcting the quadrantal deviation“ (Phil. Trans. 1861 S. 161—181) begründet worden. Diese Abhandlung war dem Verf. dieses noch nicht bekannt, als er seinerseits, angeregt durch einen Aufsatz von Herrn Vital in der österreichischen Zeitschrift: „Mittheilungen aus dem Gebiete des Seewesens“, welcher in mancher Beziehung zu Zweifeln Anlass gab, von neuem an die Bearbeitung des Problems ging, deren Resultat die gegenwärtige Abhandlung war.

Digitized by Google

Im Hinblick auf diese Arbeit von Archibald Smith und Evans hätte nun die Veröffentlichung der gegenwärtigen Abhandlung wohl unterbleiben können (und es war dies auch anfänglich die Absicht des Verf.), aber einerseits erschien es dem Verf. wünschenswerth, nachdem er einmal im Jahre 1897 das Problem in Angriff genommen hatte und die betreffende Abhandlung mehrfach in Fachzeitschriften (ohne Erwähnung der englischen Arbeit) besprochen worden war, nun auch seinerseits die Aufgabe in möglichst vollständiger Weise zu erledigen und die frühere Arbeit zu ergänzen, andererseits dürfte die Art der Behandlung des Problems und die völlige Allgemeinheit der Formeln immerhin einige Punkte von Interesse darbieten, die es vielleicht nicht ungerechtfertigt erscheinen lassen, diese Untersuchung zu veröffentlichen, wenn auch das Resultat nur das schon vor 40 Jahren von den englischen Forschern ausgesprochene bestätigt.

Den nächsten Anlass zu meiner erneuten Beschäftigung mit der Aufgabe bot, wie schon erwähnt, eine Arbeit von Herrn Prof. Vital in Triest in der Zeitschrift: „Mittheilungen aus dem Gebiete des Seewesens" 1899 S. 56—59,*) welcher zunächst eine kurze Besprechung gewidmet werden muss. In dieser Abhandlung macht Herr Vital darauf aufmerksam, dass durch eine gewisse Anordnung der Kompassnadeln die sextantale und oktantale Deviation vermieden werden könne, jedoch lassen sich gegen die Behandlung der Aufgabe, obwohl das Resultat richtig ist, manche Einwendungen und Bedenken geltend machen, welche im nachfolgenden dargelegt werden sollen.

Herr Vital geht aus von Formeln, welche im Jahre 1888 Prof. A. Budinich im „Revista della marina mercantile" veröffentlicht hat, die aber dem Verf. d. nicht zugänglich gewesen sind. Nach diesen Formeln bringt ein weicher Eisenstab, welcher nur unter dem Einflusse des Erdmagnetismus steht, eine Deviation von der Form:

$$P_{'} \cos\varepsilon \sin(\varepsilon-\omega) + P_{''} \cos\varepsilon \sin(3\varepsilon-3\omega)$$

hervor, worin ε das Azimut des Eisenstabes, ω dasjenige der Kompassnadel bezeichnet, während $P_{'}$ und $P_{''}$ nicht näher definirte Koeffizienten sind. Aus dieser Definition von ε und ω scheint hervorzugehen, dass für einen mittschiffs nach vorn liegenden Eisenstab ε = dem magnetischen Schiffskurs (ζ in der ziemlich allgemein üblichen Bezeichnung) und ω = der Deviation des Kompasses (sonst mit δ bezeichnet) $\varepsilon-\omega$ also = dem Kompasskurs des Schiffes (ζ' in der sonst üblichen Bezeichnung) ist.

Aus der obigen Formel entnimmt Herr Vital, dass ein nur unter dem Einflusse des Erdmagnetismus stehender Eisenstab ausser der (nicht weiter berücksichtigten) quadrantalen, eine sextantale und eine oktantale Deviation hervorbringe. Dies ist offenbar irrig, denn es ist

$$\cos\varepsilon \sin(3\varepsilon-3\omega) = \frac{1}{2}\sin(2\varepsilon-3\omega) + \frac{1}{2}\sin(4\varepsilon-3\omega)$$

ein solcher Eisenstab bringt demnach eine quadrantale und eine oktantale, aber keine sextantale Deviation hervor. Wir müssen aber zunächst bei der von Vital gemachten Annahme stehen bleiben und sehen, wie derselbe weiter verfährt.

Herr Vital betrachtet nun eine Kompassrose mit 4 parallelen Nadeln, deren Enden auf dem Umfange eines Kreises liegen, und sagt dann weiter, dass es für die magnetische Wirkung gleichgültig sein müsse, in welcher Weise man die Pole der Nadeln kombinire. Er sieht in Folge dessen den Nordpol der einen Nadel und den Südpol der in gleichem Abstande auf der andern Seite des Hütchens gelegenen Nadel als zu demselben Magnet gehörig an, oder mit anderen Worten, er ersetzt in Gedanken je 2 parallele Nadeln, die auf verschiedenen Seiten des Hütchens liegen, durch zwei sich in der Mitte der Rose kreuzende Nadeln. Die Winkel, welche die supponirten Nadeln mit der Nord-Süd-Linie der Rose bilden, setzt Herr Vital für das eine Paar $\omega = \pm\alpha$, für das andere Paar $\omega = \pm\beta$. Unter Weglassung des mit $P_{'}$ multiplizirten Gliedes ist daher die hervorgebrachte Deviation proportional dem Ausdruck:

$$+P_{''} \cos\varepsilon \sin(3\varepsilon-3\alpha) + P_{''} \cos\varepsilon \sin(3\varepsilon+3\alpha)$$
$$+P_{''} \cos\varepsilon \sin(3\varepsilon-3\beta) + P_{''} \cos\varepsilon \sin(3\varepsilon+3\beta)$$

und zusammengefasst proportional:

$$+2P_{''} \cos\varepsilon \cos 3\alpha \sin 3\varepsilon + 2P_{''} \cos\varepsilon \cos 3\beta \sin 3\varepsilon$$

was wiederum zusammengezogen werden kann in:

$$+4P_{''} \cos\varepsilon \sin 3\varepsilon \cos\frac{3}{2}(\alpha+\beta) \cos\frac{3}{2}(\alpha-\beta)$$

*) Ueber eine neue Vertheilung der Nadeln einer Kompassrose.

Digitized by Google

Die mit $sin\, 3\,\varepsilon$ multiplizirten Glieder würden demnach verschwinden, wenn entweder $\frac{3}{2}(\alpha+\beta)$ oder $\frac{3}{2}(\alpha-\beta) = 90°$ oder entweder $\alpha+\beta$ oder $\alpha-\beta = 60°$ ist.

Dies ist der Ausdruck, welcher nach Herrn Vital die sextantale und oktantale Deviation repräsentirt, welche durch Eisen, das nur dem Einflusse des Erdmagnetismus unterworfen ist, hervorgebracht werden soll. Wie schon erwähnt, ist dies ein Irrthum, weil $cos\,\varepsilon\, sin\, 3\,\varepsilon = \frac{1}{2}(sin\, 2\,\varepsilon + sin\, 4\,\varepsilon)$ ist, es wird also eine quadrantale und eine oktantale, aber k e i n e sextantale Deviation entstehen; eine solche kann überhaupt nicht durch horizontal liegendes weiches Eisen, wie es hier vorausgesetzt wird, hervorgebracht werden, sondern nur durch permanente Magnete oder durch vertikal stehendes weiches Eisen.

Weiter, sagt Herr Vital, wird nach den Formeln von Budinich durch weiches Eisen, welches unter dem Einflusse des Erdmagnetismus u n d der Induktion der Kompassnadeln selbst steht, eine Deviation hervorgerufen von der Form:

$$P_{,} sin\,(2\,\varepsilon - 2\,\omega) + P_{,,} sin\,(4\,\varepsilon - 4\,\omega)$$

wovon das quadrantale Glied wiederum weggelassen wird. Wenn man für ω wieder die Werthe für die 4 Nadeln einsetzt, so erhält man zusammengezogen:

$$4\,P_{,,}\, sin\, 4\,\varepsilon\, cos\, 2\,(\alpha+\beta)\, cos\, 2\,(\alpha-\beta)$$

was verschwindet, wenn entweder $2(\alpha+\beta)$ oder $2(\alpha-\beta) = 90°$, d. h. $\alpha+\beta$ oder $\alpha-\beta = 45°$ ist. Herr Vital nimmt, um dieser und der vorigen Bedingung gleichzeitig zu genügen $\alpha+\beta = 60°$ und $\alpha-\beta = 45°$ an, woraus sich $\alpha = 52°5$ und $\beta = 7°5$ ergiebt.

Herr Vital führt sodann als Beispiel an, dass eine gewöhnliche Rose von 254 mm Durchmesser, die mit zwei Nadeln (in Winkelabständen von 30°) versehen war, durch weiches Eisen abgelenkt und die dadurch hervorgebrachte Quadrantal-Deviation durch sehr nahe weiche Eisenstäbe zu kompensiren versucht wurde. Obwohl das vorhandene D von 2°5 ganz auf 0° gebracht wurde, zeigte der Kompass eine Deviation, welche durch eine Kurve dargestellt wird, die sich, nach Ansicht des Herrn Vital, im grossen und ganzen an eine andere, ebenfalls in dem Aufsatz dargestellte Kurve anschliesst, welche die „theoretische" Sextantal- und Oktantal-Deviation wiedergeben soll.

Hierauf wurde eine Rose eingelegt, deren 4 Nadeln in Winkelabständen von 52°5 und 7°5 angebracht waren und wiederum das D kompensirt, worauf der Kompass keine Deviation mehr gezeigt habe, sondern für alle Kurse kompensirt gewesen sei.

Herr Vital führt leider keine Zahlen an und so ist es nicht möglich, ein selbständiges Urtheil zu gewinnen, in wie weit die Behauptungen durch die Beobachtungen gerechtfertigt werden.

Erscheint es auch von vornherein etwas unwahrscheinlich, dass Eisenstäbe, welche ein D von nur 2°5 kompensiren sollen, eine irgend erhebliche oktantale Deviation hervorbringen sollten (sextantale ist, wie erwähnt, bei horizontal liegendem weichen Eisen so wie so ausgeschlossen), so ist doch die Möglichkeit wegen der Nähe der Stäbe an den Nadeln nicht ausgeschlossen; es kommt aber hinzu, dass, wie im nächsten Abschnitt sich ergeben wird, bei einem Winkelabstand der Pole der Nadeln von 30° von der Nord-Süd-Linie der Rose diese Art der Deviation von selbst wegfällt. Hierzu sei indessen bemerkt, dass in Folge der ungleichförmigen Vertheilung des durch die Nadeln induzirten Magnetismus im Stahl immerhin die Möglichkeit der Entstehung einer oktantalen Deviation nicht ganz ausgeschlossen erscheint, jedenfalls kann eine solche aber nur ausserordentlich klein sein. Die durch die Kurve angedeuteten Werthe der Rest-Deviation, welche nach Vital die beobachtete sextantale und oktantale Deviation darstellen sollen, liegen meistens unter 1°; da aber die beobachteten Werthe nicht angegeben sind, so lässt sich nicht beurtheilen, wie genau dieselben durch die Kurve dargestellt werden und ob sie nicht einfach als zufällige Beobachtungsfehler betrachtet werden können. Bezüglich der Konstruktion der „theoretischen" Kurve der Sextantal- und Oktantal-Deviation fehlt jeder Nachweis. Der Anschluss beider Kurven ist nicht eben sehr nahe, da dieselbe stellenweise Abweichungen von über 2° zeigen, also weit mehr als die Rest-Deviation in maximo überhaupt beträgt.

Unter diesen Umständen erschien es geboten, die Frage einmal sowohl von der theoretischen, als auch von der praktischen Seite zu bearbeiten, indem einerseits die auf eine Kompassrose gebräuchlicher Art wirkenden Kräfte und die von ihnen hervorgebrachte Deviation mathematisch abgeleitet, andererseits durch

Digitized by Google

Versuche an, nach theoretisch gewonnenen Grundsätzen konstruirten Rosen die Richtigkeit der letzteren geprüft werden sollten. Wir wenden uns zunächst zu den theoretischen Untersuchungen, werden aber, um ein Zurückgehen auf die Abhandlung von 1897 möglichst zu vermeiden, die wichtigsten der dort gegebenen Ausdrücke, soweit wir sie hier gebrauchen, voranschicken.

Es erscheint dabei zweckmässig, nicht wie in der Abhandlung von 1897 von drei im Schiffe in bestimmter Lage befindlichen Magnetstäben (längsschiffs, querschiffs und vertikal) auszugehen, sondern das allgemeine Problem zu behandeln: Welche Deviation wird durch einen einzigen Stab hervorgebracht, dessen Lage im Raume ganz beliebig ist und der entweder permanent (Stahl) oder durch den Einfluss des Erdmagnetismus induzirt (weiches Eisen) magnetisch sein kann. Dieses Problem bildete auch den Ausgangspunkt der früheren Untersuchung und ist auf S. 11 bis 15 der öfter genannten Arbeit behandelt worden. Durch Einführung der die Lage des Magnetstabes zum Kompass definirenden Werthe für gewisse Grössen ist es dann leicht, auf die für die drei supponirten Magnete geltenden Formeln überzugehen, welche den Poisson'schen Gleichungen zu Grunde liegen. Dies ist aber gar nicht nothwendig, denn das Ergebniss, welches für einen ganz beliebig liegenden Stab gefunden wird, gilt naturgemäss auch für spezielle Lagen desselben. Indem wir also nur mit einem Stabe operiren, vereinfachen wir den Formelapparat in nicht zu unterschätzender Weise, ganz abgesehen davon, dass die Formeln auch auf andere spezielle Fälle mit Leichtigkeit angewendet werden können.

Ohne hier auf die Ableitung der Formeln näher einzugehen, auf welche wir ohnehin im nächsten Abschnitt noch zurückkommen müssen, sei bezüglich der gewählten Bezeichnungsweise das folgende vorausgeschickt.

In der Abhandlung von 1897 wurden folgende Bezeichnungen eingeführt, welche mit einigen Modifikationen auch hier beibehalten werden:

Magnetisches Moment des Stabes (permanent oder induzirt) ..... $= M$
Entfernung der Stabmitte vom Hütchen der Rose ..... $= e$
Höhe der Stabmitte über der Ebene durch die Nadel ..... $= f$
Projektion von e auf die Ebene durch die Nadel oder $\sqrt{e^2-f^2}$ ..... $= a$
Neigung der magnetischen Axe des Stabes gegen die Vertikale ..... $= \psi$
Winkel der Linie a mit dem magnetischen Meridian ..... $= \alpha$
Winkel der Projektion der magnetischen Axe des Stabes auf die Ebene durch die Nadel mit dem magnetischen Meridian ..... $= \beta$
Ablenkung der Nadel aus dem Meridian ..... $= \varphi$

Es ist nun die Aufgabe, zunächst die Kräfte aufzusuchen, welche, zerlegt nach drei Koordinatenrichtungen, durch den ablenkenden magnetischen Stab auf die Kompassnadel ausgeübt werden. Als Koordinatenaxen nehmen wir, mit dem Hütchen der Rose als Anfangspunkt, folgende an: 1) als x-Axe eine parallel der Mittschiffslinie gerichtete horizontale Linie, 2) als y-Axe eine senkrecht zu dieser, also querschiffs gerichtete Horizontale und 3) als z-Axe die Vertikale und führen mit Bezug auf diese Axen folgende Bezeichnungen ein:

Winkel zwischen der Linie a und der x-Axe ..... $= \varepsilon$
Magnetischer Kurs des Schiffes ..... $= \zeta$
Deviation des Kompasses ..... $= \varphi = \delta$
Kompass-Kurs des Schiffes ..... $= \zeta - \delta = \zeta'$
Kraftkomponenten des Ablenkungsstabes in den drei Koordinatenrichtungen ..... $= x, y, z.$

Es ist also:
$$\alpha = \zeta + \varepsilon, \qquad \alpha - \varphi = \zeta' + \varepsilon$$
$$\beta = \zeta - (\alpha - \beta - \varepsilon), \qquad \beta - \varphi = \zeta' - (\alpha - \beta - \varepsilon)$$

ε, $\alpha-\beta$ und $\alpha-\beta-\varepsilon$ sind konstante Winkel, da sie sich nur auf die Lage des im Schiffe als festliegend angenommenen Magnetstab zu festen Richtungen im Schiffe beziehen.

Digitized by Google

Werden nun die soeben gegebenen Bezeichnungen in die Formeln (23), (24) und (25) der Abhandlung von 1897 (S. 13 u. 14) eingeführt, so erhalten wir für die Kraftkomponenten x, y, z folgende Ausdrücke, welche ausserdem so umgeformt worden sind, dass rechts die von ζ' unabhängigen und die mit $\frac{\sin}{\cos} 2\zeta'$ multiplizirten Glieder getrennt erscheinen. Endlich ist noch zu erwähnen, dass anstatt M_3/M und M_3'/M' die Quadrate der halben Poldistanzen, L und l, für den ablenkenden Stab und die Nadel eingeführt sind und dass, um Verwechselungen mit in der Deviationslehre üblichen Bezeichnungen zu vermeiden, die Grössen e, a und f mit dem Index $_0$ versehen worden sind.

$$x = \frac{M}{e_0^3}\sin\psi\Big[3\frac{a_0^2}{e_0^2}\cos\varepsilon\cos(\alpha-\beta)-\cos(\alpha-\beta-\varepsilon)$$
$$+\frac{L^2}{e_0^2}\Big\{\cos(\alpha-\beta-\varepsilon)\Big(\frac{3}{2}-\frac{15}{2}\frac{a_0^2}{e_2^2}\sin\psi^2\cos(\alpha-\beta)^2\Big)$$
$$-\cos\varepsilon\cos(\alpha-\beta)\Big(\frac{15}{2}\frac{a_0^2}{e_0^2}-\frac{35}{2}\frac{a_0^4}{e_0^4}\sin\psi^2\cos(\alpha-\beta)^2\Big)\Big\}$$
$$+\frac{l^2}{e_0^2}\Big\{\cos(\alpha-\beta-\varepsilon)\Big(3-\frac{15}{4}\frac{a_0^2}{e_0^2}\Big)-\cos\varepsilon\cos(\alpha-\beta)\Big(\frac{45}{2}\frac{a_0^2}{e_0^2}-\frac{105}{4}\frac{a_0^4}{e_0^4}\Big)\Big\}\Big]$$
$$+\frac{M}{e_0^3}\sin\psi\frac{l^2}{e_0^2}\Big[\sin(\alpha-\beta-\varepsilon)\Big(\frac{3}{2}-\frac{15}{2}\frac{a_0^2}{e_0^2}\Big)+\sin 2\varepsilon\Big(\frac{45}{4}\frac{a_0^2}{e_0^2}\cos(\alpha-\beta-\varepsilon)-\frac{105}{4}\frac{a_0^4}{e_0^4}\cos\varepsilon\cos(\alpha-\beta)\Big)\Big]\sin 2\zeta'$$
$$+\frac{M}{e_0^3}\sin\psi\frac{l^2}{e_0^2}\Big[\cos(\alpha-\beta-\varepsilon)\Big(\frac{3}{2}+\frac{15}{4}\frac{a_0^2}{e_0^2}-\frac{45}{2}\frac{a_0^2}{e_0^2}\cos\varepsilon^2\Big)-\Big(\frac{105}{4}\frac{a_0^4}{e_0^4}-\frac{105}{2}\frac{a_0^4}{e_0^4}\cos\varepsilon^2\Big)\cos\varepsilon\cos(\alpha-\beta)\Big]\cos 2\zeta'$$
$$+\ldots.$$
$$+\frac{M}{e_0^3}\cos\psi\Big[3\frac{a_0 f_0}{e_0^2}\cos\varepsilon+\frac{L^2}{e_0^2}\Big\{\cos(\alpha-\beta-\varepsilon)\Big(\frac{15}{4}\frac{f_0^2}{e_0^2}\sin 2\psi-15\frac{a_0 f_0}{e_0^2}\sin\psi^2\cos(\alpha-\beta)\Big)$$
$$-\cos\varepsilon\Big(\frac{15}{2}\frac{a_0 f_0}{e_0^2}-\frac{35}{2}\frac{a_0 f_0^3}{e_0^4}\cos\psi^2-\frac{105}{4}\frac{a_0^2 f_0^2}{e_0^4}\sin 2\psi\cos(\alpha-\beta)-\frac{105}{2}\frac{a_0^3 f_0}{e_0^4}\sin\psi^2\cos(\alpha-\beta)^2\Big)\Big\}$$
$$-\frac{l^2}{e_0^2}\cos\varepsilon\Big(15\frac{a_0 f_0}{e_0^2}-\frac{105}{4}\frac{a_0^3 f_0}{e_0^4}\Big)\Big]$$
$$+\frac{M}{e_0^3}\cos\psi\frac{l^2}{e_0^2}\sin\varepsilon\Big(\frac{15}{2}\frac{a_0 f_0}{e_0^2}-\frac{105}{2}\frac{a_0^3 f_0}{e_0^4}\cos\varepsilon^2\Big)\sin 2\zeta'-\frac{M}{e_0^3}\cos\psi\frac{l^2}{e_0^2}\cos\varepsilon\Big(\frac{15}{2}\frac{a_0 f_0}{e_0^2}+\frac{105}{4}\frac{a_0^3 f_0}{e_0^4}-\frac{105}{2}\frac{a_0^3 f_0}{e_0^4}\cos\varepsilon^2\Big)\cos 2\zeta'$$
$$+\ldots.$$

$$' = \frac{M}{e_0^3}\sin\psi\Big[3\frac{a_0^2}{e_0^2}\sin\varepsilon\cos(\alpha-\beta)+\sin(\alpha-\beta-\varepsilon)$$
$$-\frac{L^2}{e_0^2}\Big\{\sin(\alpha-\beta-\varepsilon)\Big(\frac{3}{2}-\frac{15}{2}\frac{a_0^2}{e_0^2}\sin\psi^2\cos(\alpha-\beta)^2\Big)$$
$$+\sin\varepsilon\cos(\alpha-\beta)\Big(\frac{15}{2}\frac{a_0^2}{e_0^2}-\frac{35}{2}\frac{a_0^4}{e_0^4}\sin\psi^2\cos(\alpha-\beta)^2\Big)\Big\}$$
$$-\frac{l^2}{e_0^2}\Big\{\sin(\alpha-\beta-\varepsilon)\Big(3-\frac{15}{4}\frac{a_0^2}{e_0^2}\Big)+\sin\varepsilon\cos(\alpha-\beta)\Big(\frac{45}{2}\frac{a_0^2}{e_0^2}-\frac{105}{4}\frac{a_0^4}{e_0^4}\Big)\Big\}\Big]$$
$$-\frac{M}{e_0^3}\sin\psi\frac{l^2}{e_0^2}\Big[\cos(\alpha-\beta-\varepsilon)\Big(\frac{3}{2}-\frac{15}{2}\frac{a_0^2}{e_0^2}\Big)+\sin 2\varepsilon\Big(\frac{45}{4}\frac{a_0^2}{e_0^2}\sin(\alpha-\beta-\varepsilon)+\frac{105}{4}\frac{a_0^4}{e_0^4}\sin\varepsilon\cos(\alpha-\beta)\Big)\Big]\sin 2\zeta'$$
$$+\frac{M}{e_0^3}\sin\psi\frac{l^2}{e_0^2}\Big[\sin(\alpha-\beta-\varepsilon)\Big(\frac{3}{2}-\frac{75}{4}\frac{a_0^2}{e_0^2}+\frac{45}{2}\frac{a_0^2}{e_0^2}\cos\varepsilon^2\Big)-\Big(\frac{105}{4}\frac{a_0^4}{e_0^4}-\frac{105}{2}\frac{a_0^4}{e_0^4}\cos\varepsilon^2\Big)\sin\varepsilon\cos(\alpha-\beta)\Big)\Big]\cos 2\zeta'$$
$$+\ldots.$$

Digitized by Google

$$+\frac{M}{e_0^3}\cos\psi\left[3\frac{a_0f_0}{e_0^2}\sin\varepsilon+\frac{L^2}{e_0^2}\Big\{\sin(\alpha-\beta-\varepsilon)\left(15\frac{a_0f_0}{e_0^2}\sin\psi^2\cos(\alpha-\beta)+\frac{15}{4}\frac{f_0^2}{e_0^2}\sin 2\psi\right)\right.$$

$$-\sin\varepsilon\left(\frac{15}{2}\frac{a_0f_0}{e_0^2}-\frac{35}{2}\frac{a_0f_0^3}{e_0^4}\cos\psi^2-\frac{105}{4}\frac{a_0^2f_0^2}{e_0^4}\sin 2\psi\cos(\alpha-\beta)-\frac{105}{2}\frac{a_0^3f_0}{e_0^4}\sin\psi^2\cos(\alpha-\beta\right.$$

$$\left.\left.-\frac{l^2}{e_0^2}\sin\varepsilon\left(15\frac{a_0f_0}{e_0^2}-\frac{105}{4}\frac{a_0^3f_0}{e_0^4}\right)\right)\right]$$

$$+\frac{M}{e_0^3}\cos\psi\frac{l^2}{e_0^2}\cos\varepsilon\left(\frac{15}{2}\frac{a_0f_0}{e_0^2}-\frac{105}{2}\frac{a_0^3f_0}{e_0^4}+\frac{105}{2}\frac{a_0^3f_0}{e_0^4}\cos\varepsilon^2\right)\sin 2\zeta'$$

$$+\frac{M}{e_0^3}\cos\psi\frac{l^2}{e_0^2}\sin\varepsilon\left(\frac{15}{2}\frac{a_0f_0}{e_0^2}-\frac{105}{4}\frac{a_0^3f_0}{e_0^4}+\frac{105}{2}\frac{a_0^3f_0}{e_0^4}\cos\varepsilon^2\right)\cos$$

$$+\ \ldots$$

$$(3)\quad z=\frac{M}{e_0^3}\sin\psi\left[3\frac{a_0f_0}{e_0^2}\cos(\alpha-\beta)-\frac{L^2}{e_0^2}\cos(\alpha-\beta)\left(\frac{15}{2}\frac{a_0f_0}{e_0^2}-\frac{35}{2}\frac{a_0^3f_0}{e_0^4}\sin\psi^2\cos(\alpha-\beta)^2\right)-\frac{l^2}{e_0^2}\cos(\alpha-\beta)\left(15\frac{a_0f_0}{e_0^2}-\frac{105}{4}\frac{a_0^3f_0}{e_0^4}\right.\right.$$

$$\left.+\frac{M}{e_0^3}\sin\psi\frac{l^2}{e_0^2}\left[\sin 2\varepsilon\cos(\alpha-\beta)\left(\frac{15}{2}\frac{a_0f_0}{e_0^2}-\frac{105}{4}\frac{a_0^3f_0}{e_0^4}\right)+\sin(\alpha-\beta)\left(\frac{15}{2}\frac{a_0f_0}{e_0^2}-15\frac{a_0f_0}{e_0^2}\cos\varepsilon^2\right)\right]\sin 2\zeta'\right.$$

$$+\frac{M}{e_0^3}\sin\psi\frac{l^2}{e_0^2}\left[\cos(\alpha-\beta)\left(\frac{15}{2}\frac{a_0f_0}{e_0^2}-15\frac{a_0f_0}{e_0^2}\cos\varepsilon^2-\frac{105}{4}\frac{a_0^3f_0}{e_0^4}+\frac{105}{2}\frac{a_0^3f_0}{e_0^4}\cos\varepsilon^2\right)-\sin 2\varepsilon\frac{15}{2}\frac{a_0f_0}{e_0^2}\sin(\alpha-\beta)\right]\cos 2\zeta'$$

$$+\ \ldots.$$

$$+\frac{M}{e_0^3}\cos\psi\left[3\frac{f^2}{e_0^2}-1+\frac{L^2}{e_0^2}\Big\{\frac{3}{2}-\frac{15}{2}\frac{f_0^2}{e_0^2}-\frac{15}{2}\frac{f_0^2}{e_0^2}\cos\psi^2+\frac{35}{2}\frac{f_0^4}{e_0^4}\cos\psi^2-\sin\psi^2\cos(\alpha-\beta)^2\left(\frac{15}{2}\frac{a_0^2}{e_0^2}-\frac{105}{2}\frac{a_0^2f_0^2}{e_0^4}\right)\right.$$

$$\left.\left.-\sin 2\psi\cos(\alpha-\beta)\left(\frac{15}{2}\frac{a_0f_0}{e_0^2}-\frac{105}{4}\frac{a_0^3f_0}{e_0^4}\right.\right.\right.$$

$$\left.\left.\left.+\frac{l^2}{e_0^2}\left(\frac{3}{2}-\frac{15}{2}\frac{f_0^2}{e_0^2}-\frac{15}{4}\frac{a_0^2}{e_0^2}+\frac{105}{4}\frac{a_0^2f_0^2}{e_0^4}\right)\right)\right]$$

$$+\frac{M}{e_0^3}\cos\psi\frac{l^2}{e_0^2}\sin 2\varepsilon\left(\frac{15}{4}\frac{a_0^2}{e_0^2}-\frac{105}{4}\frac{a_0^2f_0^2}{e_0^4}\right)\sin 2\zeta'-\frac{M}{e_0^3}\cos\psi\frac{l^2}{e_0^2}\cos 2\varepsilon\left(\frac{15}{4}\frac{a_0^2}{e_0^2}-\frac{105}{4}\frac{a_0^2f_0^2}{e_0^4}\right)\cos 2\zeta'$$

$$+\ \ldots.$$

Mit Hülfe dieser Formeln ist es leicht, die Ausdrücke (1), (2) und (3) der Abhandlung von 1897 hinzuschreiben, man hat nur für die erste Gruppe [Gleichungen (1) 1897] $\psi = 90°$ und $\alpha-\beta = \varepsilon$, für die zweite Gruppe [Gleichungen (2) 1897] $\psi = 90°$ und $\alpha-\beta = 90°+\varepsilon$ und für die dritte Gruppe [Gleichungen (3) 1897] $\psi = 0°$ zu setzen. Auch hat man im Auge zu behalten, dass die Grössen M, L, a_0, e_0, f_0 und ε für jeden der drei Stäbe andere Werthe haben.

Bei Definition der Bedeutung der Grösse M wurde gesagt, sie sei das magnetische Moment des ablenkenden Stabes, einerlei, ob derselbe permanent, wie bei einem Stahlmagnet, oder induzirt, wie bei einem weichen Eisenstabe sei. Die Formeln (1), (2) und (3) gelten unmittelbar für den Fall eines permanent magnetischen Stahlstabes, dessen magnetisches Moment $= M$ ist. Wenn aber der ablenkende Stab aus weichem Eisen besteht, so sind zwei Fälle zu unterscheiden, je nachdem der Stab nur unter dem Einflusse des Erdmagnetismus magnetisch wird, oder ausserdem auch die Nadeln der Kompassrose ein magnetisches Moment hervorrufen. Den letzteren Fall, welcher nur dann in merklicher Stärke eintreten wird, wenn der Eisenstab den Nadeln sehr nahe liegt, werden wir in einem späteren Abschnitt dieser Arbeit behandeln, hier beschränken wir uns, wie in der Abhandlung von 1897, darauf, nur ein von dem Magnetismus der Erde induzirtes Moment anzunehmen.

Das induzirte Moment ist nun das Produkt aus der in die Richtung der Axe des Stabes fallenden Komponente des Erdmagnetismus, dem Induktions-Koeffizienten des Eisens und der Masse des Stabes. Bezeichnen wir mit J die ganze Intensität des Erdmagnetismus und mit i den Winkel zwischen der Richtung desselben und der Richtung der Axe des Stabes, so ist das in dem Stabe induzirte magnetische Moment

Digitized by Google

$M = \mu J \cos i$, wenn mit μ das Produkt aus Masse des Stabes und Induktions-Koeffizient des Eisens bezeichnet wird. Zur Ermittelung von i dient die nebenstehende Figur 1. Es sei Z das Zenith des Beobachtungsortes, J der Punkt, wo die Inklinationsrichtung das Himmelsgewölbe trifft und M der Punkt, wo die verlängerte Axe des Stabes dasselbe schneidet; dann stellt ZJ den magnetischen Meridian dar und es ist $ZJ = 90° - \theta$, wenn θ die Inklination bedeutet, $ZM = \psi$ und $JZM = \beta$ = dem magnetischen Azimut der auf die Horizontalebene durch die Nadel projizirten Axe des Stabes, und $JM = i$. Nach einer bekannten Formel ist dann

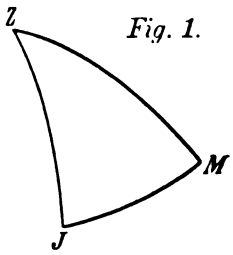


Fig. 1.

$$\cos i = \sin\theta \cos\psi + \cos\theta \sin\psi \cos\beta$$

und das induzirte magnetische Moment:

(4) ..... $$M = \mu J \cos i = \mu J \sin\theta \cos\psi + \mu J \cos\theta \sin\psi \cos\beta$$
$$= \mu Z \cos\psi + \mu H \sin\psi \cos[\zeta - (\alpha - \beta - \varepsilon)]$$

wenn wir die Horizontal- und Vertikal-Komponente des Erdmagnetismus resp. mit H und Z bezeichnen und für β seinen Werth $\zeta - (\alpha - \beta - \varepsilon)$ nach der hier angewendeten Bezeichnung einsetzen. Statt Z kann auch $H \operatorname{tg}\theta$ gesetzt werden, wodurch H gemeinschaftlicher Faktor beider Glieder von (4) wird.

Für die drei supponirten Eisenstäbe (längsschiffs, querschiffs und vertikal) werden die entsprechenden induzirten Momente gefunden, indem man in (4) 1) $\psi = 90°$, $\alpha - \beta = \varepsilon$, 2) $\psi = 90°$, $\alpha - \beta = 270° + \varepsilon$ und 3) $\psi = 0°$ einsetzt, wodurch man übereinstimmend mit der Annahme auf S. 3 der Abhandlung von 1897 resp. $\mu H \cos\zeta$, $-\mu H \sin\zeta$ und $\mu Z = \mu H \operatorname{tg}\theta$ erhält. Es sei hier noch besonders auf den Unterschied aufmerksam gemacht, welcher für den querschiffs liegenden Stab besteht zwischen der Ableitung der Koeffizienten und derjenigen des induzirten magnetischen Moments, indem für erstere in (1), (2) und (3) $\alpha - \beta = 90° + \varepsilon$, für letzteres aber in (4) $= 270° + \varepsilon$ zu setzen ist.

Auf den Kompass wirken nun gleichzeitig permanent magnetische Stahltheile und durch die Induktion des Erdmagnetismus magnetisch gewordene Eisentheile des Schiffes ein; wir haben daher zwei Systeme von Kräften x, y, z aufzustellen, indem wir einmal in (1), (2) und (3) das permanente magnetische Moment M beibehalten, dann aber für M den Werth des induzirten magnetischen Moments aus (4) einsetzen. Die in derselben Koordinatenrichtung wirkenden Kräfte sind zu summiren.

Zur Vereinfachung wollen wir die Bezeichnung einführen:

(5) .....
$$\begin{cases} x = \frac{M}{e_0^3}\sin\psi\left\{A + \frac{l^2}{e_0^2}(A_1 \sin 2\zeta' + A_2 \cos 2\zeta')\right\} + \frac{M}{e_0^3}\cos\psi\left\{A' + \frac{l^2}{e_0^2}(A_1' \sin 2\zeta' + A_2' \cos 2\zeta')\right\} \\ y = \frac{M}{e_0^3}\sin\psi\left\{B + \frac{l^2}{e_0^2}(B_1 \sin 2\zeta' + B_2 \cos 2\zeta')\right\} + \frac{M}{e_0^3}\cos\psi\left\{B' + \frac{l^2}{e_0^2}(B_1' \sin 2\zeta' + B_2' \cos 2\zeta')\right\} \\ z = \frac{M}{e_0^3}\sin\psi\left\{C + \frac{l^2}{e_0^2}(C_1 \sin 2\zeta' + C_2 \cos 2\zeta')\right\} + \frac{M}{e_0^3}\cos\psi\left\{C' + \frac{l^2}{e_0^2}(C_1' \sin 2\zeta' + C_2' \cos 2\zeta')\right\} \end{cases}$$

Die Bedeutung der Buchstaben A, A_1, A_2, A', A_1', A_2' u. s. w. ergiebt sich ohne weiteres durch einen Vergleich mit den Formeln (1), (2) und (3).

Die durch den in dem weichen Eisen induzirten Magnetismus hervorgerufenen Kraft-Komponenten sind:

$$\begin{cases} x = \frac{\mu H}{e_0^3}\left\{\operatorname{tg}\theta\cos\psi + \sin\psi\cos[\zeta - (\alpha - \beta - \varepsilon)]\right\}\left[\sin\psi\left\{A + \frac{l^2}{e_0^2}(A_1 \sin 2\zeta' + A_2 \cos 2\zeta')\right\} + \cos\psi\left\{A' + \frac{l^2}{e_0^2}(A_1' \sin 2\zeta' + A_2' \cos 2\zeta')\right\}\right] \\ y = \frac{\mu H}{e_0^3}\left\{\operatorname{tg}\theta\cos\psi + \sin\psi\cos[\zeta - (\alpha - \beta - \varepsilon)]\right\}\left[\sin\psi\left\{B + \frac{l^2}{e_0^2}(B_1 \sin 2\zeta' + B_2 \cos 2\zeta')\right\} + \cos\psi\left\{B' + \frac{l^2}{e_0^2}(B_1' \sin 2\zeta' + B_2' \cos 2\zeta')\right\}\right] \\ z = \frac{\mu H}{e_0^3}\left\{\operatorname{tg}\theta\cos\psi + \sin\psi\cos[\zeta - (\alpha - \beta - \varepsilon)]\right\}\left[\sin\psi\left\{C + \frac{l^2}{e_0^2}(C_1 \sin 2\zeta' + C_2 \cos 2\zeta')\right\} + \cos\psi\left\{C' + \frac{l^2}{e_0^2}(C_1' \sin 2\zeta' + C_2' \cos 2\zeta')\right\}\right] \end{cases}$$

Will man von diesen Formeln auf die Ausdrücke der Abhandlung von 1897 übergehen, so hat man die mehrfach angegebenen Werthe für ψ und $\alpha - \beta$ einzusetzen und sich dabei zu erinnern, dass in (5): $x = P + p_1 \sin 2\zeta' + p_2 \cos 2\zeta'$, $y = Q + q' \sin 2\zeta' + q_2 \cos 2\zeta'$, $z = R + r_1 \sin 2\zeta' + r_2 \cos 2\zeta'$ und in (6):

Digitized by Google

$x_1 = x_1' + x_1'' + x_1'''$, $y_1 = y_1' + y_1'' + y_1'''$, $z_1 = z_1' + z_1'' + z_1'''$ in der Bezeichnung von 1897 ist. Hierbei ist ausserdem noch zu beachten, dass in dem zweiten Gliede des das induzirte Moment ausdrückenden Faktors $\alpha - \beta = \varepsilon$ bezw. $= 270° + \varepsilon$ (nicht wie in den Koeffizienten A, B u. s. w. $= 90° + \varepsilon$) zu setzen ist.

Ausser den durch (5) und (6) gegebenen magnetischen Kräften des Schiffseisens wirkt aber auch noch der Erdmagnetismus auf die Nadel und seine drei Komponenten sind resp. $H\cos\zeta$, $-H\sin\zeta$ und Z. Nennen wir nun die horizontale und vertikale Komponente von Erdmagnetismus + Schiffsmagnetismus H' und Z', so wirkt die erstere in der Richtung der Kompassnadel, die letztere in der Richtung der Vertikalen. Die Komponenten der ersteren in den Richtungen x und y sind resp. $H'\cos\zeta'$ und $-H'\sin\zeta'$ und wir erhalten endlich die Gleichgewichts-Bedingungen für die Kompassnadel:

$$(7) \quad \left\{ \begin{array}{rl} H'\cos\zeta' = & H\cos\zeta + x + x_1 \\ -H'\sin\zeta' = & -H\sin\zeta + y + y_1 \\ Z' = & Z + z + z_1 \end{array} \right.$$

Da es sich hier nur um Ermittelung der Ablenkung der Kompassnadel durch das Schiffseisen, d. h. der Formel für die Deviation handelt, so lassen wir die Gleichung für Z' ganz ausser Betracht. Die Deviation aber finden wir, indem wir die erste Gleichung mit $\sin\zeta'$, die zweite mit $\cos\zeta'$ multipliziren und beide addiren. Dies giebt:

$$(8) \quad \sin\delta = \frac{x+x_1}{H}\sin\zeta' + \frac{y+y_1}{H}\cos\zeta'$$

Werden hierin die Werthe von x, x_1, y, y_1 aus (5) und (6) eingesetzt, so erhält man die Formel für die Deviation, ausgedrückt durch die Koeffizienten A, B, C u. s. w., nämlich:

$$\begin{aligned}
(9) \quad \sin\delta = {} & \frac{\mu}{e_0^3}\sin\psi^2\left[\left(-\frac{A}{2} + \frac{l^2}{e_0^2}\frac{A_2 - B_1}{4}\right)\sin[\delta - (\alpha-\beta-\varepsilon)] + \left(\frac{B}{2} + \frac{l^2}{e_0^2}\frac{A_1+B_2}{4}\right)\cos[\delta - (\alpha-\beta-\varepsilon)]\right] \\
& + \left[\frac{\mu}{e_0^3}tg\,\theta\cos\psi^2\left(A' + \frac{l^2}{e_0^2}\frac{B_1'-A_2'}{2}\right) + \frac{1}{e_0^3}\frac{M}{H}\sin\psi\left(A + \frac{l^2}{e_0^2}\frac{B_1-A_2}{2}\right) + \frac{1}{e_0^3}\frac{M}{H}\cos\psi\left(A' + \frac{l^2}{e_0^2}\frac{B_1'-A_2'}{2}\right)\right]\sin\zeta \\
& + \left[\frac{\mu}{e_0^3}tg\,\theta\cos\psi^2\left(B' + \frac{l^2}{e_0^2}\frac{A_1'+B_2'}{2}\right) + \frac{1}{e_0^3}\frac{M}{H}\sin\psi\left(B + \frac{l^2}{e_0^2}\frac{A_1+B_2}{2}\right) + \frac{1}{e_0^3}\frac{M}{H}\cos\psi\left(B' + \frac{l^2}{e_0^2}\frac{A_1'+B_2'}{2}\right)\right]\cos\zeta \\
& + \frac{\mu}{e_0^3}\sin\psi^2\left[\left(\frac{A}{2} + \frac{l^2}{e_0^2}\frac{B_1-A_2}{4}\right)\sin[2\zeta' + \delta - (\alpha-\beta-\varepsilon)] + \left(\frac{B}{2} + \frac{l^2}{e_0^2}\frac{A_1+B_2}{4}\right)\cos[2\zeta' + \delta - (\alpha-\beta-\varepsilon)]\right] \\
& + \frac{\mu}{e_0^3}\sin\psi^2\left[\frac{l^2}{e_0^2}\frac{A_2+B_1}{4}\sin[2\zeta' - \delta + (\alpha-\beta-\varepsilon)] + \frac{l^2}{e_0^2}\frac{B_2-A_1}{4}\cos[2\zeta' - \delta + (\alpha-\beta-\varepsilon)]\right] \\
& + \left[\frac{\mu}{e_0^3}tg\,\theta\cos\psi^2\frac{l^2}{e_0^2}\frac{A_2'+B_1'}{2} + \frac{1}{e_0^3}\frac{M}{H}\sin\psi\frac{l^2}{e_0^2}\frac{A_2+B_1}{2} + \frac{1}{e_0^3}\frac{M}{H}\cos\psi\frac{l^2}{e_0^2}\frac{A_2'+B_1'}{2}\right]\sin 3\zeta' \\
& + \left[\frac{\mu}{e_0^3}tg\,\theta\cos\psi^2\frac{l^2}{e_0^2}\frac{B_2'-A_1'}{2} + \frac{1}{e_0^3}\frac{M}{H}\sin\psi\frac{l^2}{e_0^2}\frac{B_2-A_1}{2} + \frac{1}{e_0^3}\frac{M}{H}\cos\psi\frac{l^2}{e_0^2}\frac{B_2'-A_1'}{2}\right]\cos 3\zeta' \\
& + \frac{\mu}{e_0^3}\sin\psi^2\left[\frac{l^2}{e_0^2}\frac{A_2+B_1}{4}\sin[4\zeta' + \delta - (\alpha-\beta-\varepsilon)] + \frac{l^2}{e_0^2}\frac{B_2-A_1}{4}\cos[4\zeta' + \delta - (\alpha-\beta-\varepsilon)]\right] \\
& + \frac{\mu}{e_0^3}\sin\psi\cos\psi\left[\left(-\frac{A'}{2} + \frac{l^2}{e_0^2}\frac{A_2'-B_1'}{4}\right)\sin[\delta - (\alpha-\beta-\varepsilon)] + \left(\frac{B'}{2} + \frac{l^2}{e_0^2}\frac{A_1'+B_2'}{4}\right)\cos[\delta - (\alpha-\beta-\varepsilon)]\right. \\
& \qquad + \left(A + \frac{l^2}{e_0^2}\frac{B_1-A_2}{2}\right)\sin\zeta' + \left(B + \frac{l^2}{e_0^2}\frac{A_1+B_2}{2}\right)\cos\zeta' \\
& \qquad + \left(\frac{A'}{2} + \frac{l^2}{e_0^2}\frac{B_1'-A_2'}{4}\right)\sin[2\zeta' + \delta - (\alpha-\beta-\varepsilon)] + \left(\frac{B'}{2} + \frac{l^2}{e_0^2}\frac{A_1'+B_2'}{4}\right)\cos[2\zeta' + \delta - (\alpha-\beta-\varepsilon)] \\
& \qquad + \frac{l^2}{e_0^2}\frac{A_2'+B_1'}{4}\sin[2\zeta' - \delta + (\alpha-\beta-\varepsilon)] + \frac{l^2}{e_0^2}\frac{B_2'-A_1'}{4}\cos[2\zeta' - \delta + (\alpha-\beta-\varepsilon)] \\
& \qquad + \frac{l^2}{e_0^2}\frac{A_2+B_1}{2}\sin 3\zeta' + \frac{l^2}{e_0^2}\frac{B_2-A_1}{2}\cos 3\zeta' \\
& \qquad \left. + \frac{l^2}{e_0^2}\frac{A_2'+B_1'}{4}\sin[4\zeta' + \delta - (\alpha-\beta-\varepsilon)] + \frac{l^2}{e_0^2}\frac{B_2'-A_1'}{4}\cos[4\zeta' + \delta - (\alpha-\beta-\varepsilon)]\right].
\end{aligned}$$

Digitized by Google

Um aus diesem Ausdruck die entsprechende Formel (8) der Abhandlung von 1897 abzuleiten, ist folgendes zu beachten: in jedem der Koeffizienten von (9) sind die die Lage der den drei Koordinaten-Richtungen parallelen Stäbe definirenden Substitutionen für ψ und $\alpha-\beta$ zu machen und die so entstehenden drei bezw. zwei Ausdrücke zu addiren. Wenn wir nun mit $A(90°, \varepsilon)$, $A(90°, 90°+\varepsilon)$, $A'(0)$ bezeichnen, dass in dem Ausdruck für den Koeffizienten A der Formel (1) gesetzt werden soll, bezw.: $\psi = 90°$, $\alpha-\beta = \varepsilon$; $\psi = 90°$, $\alpha-\beta = 90°+\varepsilon$; $\psi = 0°$ und diese Bezeichnung analog auf die andern Koeffizienten anwenden, so ergeben sich folgende Beziehungen zwischen der hier angewendeten Bezeichnung und der von 1897:

$$\frac{M}{e_0^3} A(90°, \varepsilon) + \frac{M}{e_0^3} A(90°, 90°+\varepsilon) + \frac{M}{e_0^3} A'(0) = P$$

$$\frac{M}{e_0^3} B(90°, \varepsilon) + \frac{M}{e_0^3} B(90°, 90°+\varepsilon) + \frac{M}{e_0^3} B'(0) = Q$$

$$\frac{M}{e_0^3} C(90°, \varepsilon) + \frac{M}{e_0^3} C(90°, 90°+\varepsilon) + \frac{M}{e_0^3} C'(0) = R$$

$$\frac{\mu}{e_0^3} A(90°, \varepsilon) = a \qquad \frac{\mu}{e_0^3} A(90°, 90°+\varepsilon) = b \qquad \frac{\mu}{e_0^3} A'(0) = c$$

$$\frac{\mu}{e_0^3} B(90°, \varepsilon) = d \qquad \frac{\mu}{e_0^3} B(90°, 90°+\varepsilon) = e \qquad \frac{\mu}{e_0^3} B'(0) = f$$

$$\frac{\mu}{e_0^3} C(90°, \varepsilon) = g \qquad \frac{\mu}{e_0^3} C(90°, 90°+\varepsilon) = h \qquad \frac{\mu}{e_0^3} C'(0) = k$$

Für die mit den Indices 1 und 2 bezeichneten Grössen und den ebenso bezeichneten Grössen in den Formeln (5) der Abhandlung von 1897 finden ganz analoge Beziehungen statt, die wir aber hier nicht ausführlich hersetzen wollen. Beispielsweise seien nur folgende angeführt:

$$\frac{\mu}{e_0^3}\frac{l^2}{e_0^2} A_1(90°, \varepsilon) = a_1, \qquad \frac{\mu}{e_0^3}\frac{l^2}{e_0^2} B_2(90°, 90°+\varepsilon) = e_2 \quad \text{u. s. w.}$$

Ausserdem ist bei der Vergleichung bezw. Uebertragung der obigen Formel (9) auf die Formel (8) von 1897 die oben gemachte Bemerkung bezüglich des Werthes von $\alpha-\beta$ da, wo diese Grösse in der Verbindung $\delta-(\alpha-\beta-\varepsilon)$ vorkommt, zu beachten. Der mit $\sin\psi\cos\psi$ multiplizirte Theil von (9) fällt ganz weg, weil dies Produkt sowohl für $\psi = 0°$, als auch für $\psi = 90°$ Null wird.

Als Beispiel wollen wir die Koeffizienten von $\frac{\sin}{\cos}[2\zeta'-\delta+(\alpha-\beta-\varepsilon)]$ und $\frac{\sin}{\cos}[4\zeta'+\delta-(\alpha-\beta-\varepsilon)]$ ableiten. Es ist:

$$\frac{\mu}{e_0^3}\frac{l^2}{e_0^2}\frac{A_2+B_1}{4}(90°, \varepsilon) = \frac{a_2+d_1}{4} \text{ und } \alpha-\beta-\varepsilon = 0°$$

$$\frac{\mu}{e_0^3}\frac{l^2}{e_0^2}\frac{A_2+B_1}{4}(90°, 90°+\varepsilon) = \frac{b_2+e_1}{4} \quad „ \quad \alpha-\beta-\varepsilon = 270°$$

$$\frac{\mu}{e_0^3}\frac{l^2}{e_0^2}\frac{B_2-A_1}{4}(90°, \varepsilon) = \frac{d_2-a_1}{4} \quad „ \quad \alpha-\beta-\varepsilon = 0°$$

$$\frac{\mu}{e_0^3}\frac{l^2}{e_0^2}\frac{B_2-A_1}{4}(90°, 90°+\varepsilon) = \frac{e_2-b_1}{4} \quad „ \quad \alpha-\beta-\varepsilon = 270°$$

Werden diese Werthe in (9) eingesetzt und zusammengezogen, so erhält man:

$$+\frac{a_2+d_1+e_2-b_1}{4}\sin(2\zeta'-\delta) - \frac{a_1-d_2+e_1+b_2}{4}\cos(2\zeta'-\delta) + \frac{a_2+d_1-e_2+b_1}{4}\sin(4\zeta'+\delta) - \frac{a_1-d_2-b_2-e_1}{4}\cos(4\zeta'+\delta)$$

Ebenso ist für die andern Koeffizienten zu verfahren.

Soweit die frühere Arbeit. Aus dem vorstehenden ist ersichtlich, dass vorausgesetzt wurde, dass nur eine Nadel vorhanden sei, eine Konstruktion, welche bei den heute zur Anwendung gelangenden Kompassrosen nicht mehr vorkommt, da diese 2, 4 oder mehr Nadeln enthalten. Es ist daher unsere nächste Aufgabe, die vorstehenden Formeln so zu ergänzen, dass sie auf die gebräuchlichen Rosen Anwendung finden können und zu dem Ende werden wir als erste Aufgabe die Kräfte aufsuchen, welche auf eine Nadel wirken, die ihren Drehpunkt ausserhalb ihres Körpers hat.

Digitized by Google

I. Ableitung der Ausdrücke für die auf eine Nadel, deren Drehungspunkt ausserhalb derselben liegt, wirkenden Kräfte und die dadurch hervorgebrachte Ablenkung.

In der nebenstehenden Figur 2 sei ns eine der Nadeln einer Kompassrose, ihre Mitte sei c und der Drehungspunkt (das Hütchen der Rose) liege in c_1, $N'S'$ sei die Projektion eines Magnetstabes (NS), dessen Axe um den Winkel ψ gegen die Vertikale geneigt sei, auf die Horizontal-Ebene durch die Nadel ns. Die Mitte des Stabes NS liege um die Grösse f_0 oberhalb der genannten Ebene. C' sei die Projektion des Mittelpunktes, (C) und a' diejenige eines beliebiges Punktes (a) des Stabes NS. MM' resp. mm' und m_1m_1' sei die Richtung des magnetischen Meridians und c_1D resp. c_1E die x- resp. y-Axe des Koordinatensystems, nach welchem die von NS auf ns ausgeübte magnetische Kraft zerlegt werden soll. Endlich sei b ein beliebiger Punkt in der Nadel ns.

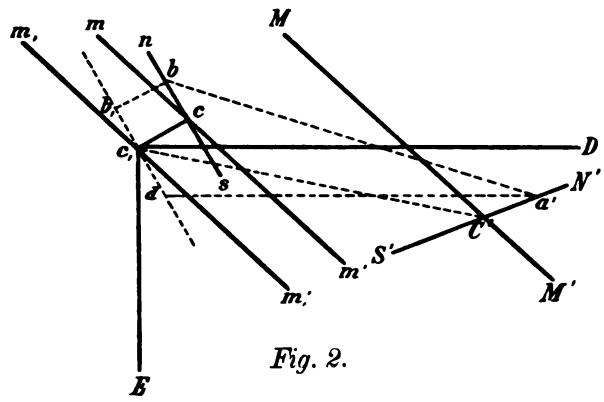


Fig. 2.

Es mögen nun folgende Bezeichnungen eingeführt werden: $Cc_1 = e_0$, $C'c_1 = a_0 = \sqrt{e_0^2 - f_0^2}$, $cc_1 = b_0$, $Ca = \xi$, also $C'a' = \xi \sin\psi$, $bc = \xi'$, ferner die Winkel $m_1c_1C' = \alpha$, $MC'N' = \beta$, $mcn = \delta$ und $Dc_1C' = \varepsilon$.

Denken wir uns, wie vorher bei der einfachen zentralen Nadel, eine Kraft H', welche den auf die excentrische Nadel ns (die man sich durch ein jenseits c_1 angebrachtes Gegengewicht ausbalanzirt zu denken hat) einwirkenden magnetischen Kräfte der Erde und des Schiffes das Gleichgewicht hält, so ist zunächst klar, dass die Richtung dieser Kraft nothwendig durch den Drehungspunkt c_1 gehen muss, weil sonst kein Gleichgewicht stattfinden könnte. Dieselbe fällt also nicht mehr, wie bei der zentralen Nadel, mit der Richtung dieser zusammen, sondern ist als Resultante zweier Kräfte anzusehen, von denen die eine $H'\cos\gamma$ in die Richtung der Nadel ns, die andere $H'\sin\gamma$ in die Richtung cc_1 senkrecht auf ns fällt; γ ist also der von einer durch c_1 gezogenen Linie, in deren Richtung H' wirkt, mit der Nord-Süd-Linie der Rose gebildete Winkel, dessen Bedeutung sich nachher ergeben wird. Die x-Axe c_1D des Koordinatensystems bildet folglich mit H' nicht wie bei der zentralen Nadel den Winkel ζ', sondern den Winkel $\zeta'-\gamma$, und die Kraft-Komponente in der x-Axe ist $= H'\cos(\zeta'-\gamma) = H'\cos\gamma\cos\zeta' + H'\sin\gamma\sin\zeta'$, kann demnach als aus zwei Theilen bestehend angesehen werden, von denen der eine parallel der x-Axe, der andere parallel der y-Axe ist und unter gleichem Winkel an ihren resp. Hebelarmen angreifen. Analog wird die Komponente in der y-Axe $= -H'\sin(\zeta'-\gamma) = -H'\cos\gamma\sin\zeta' + H'\sin\gamma\cos\zeta'$, besteht also auch aus zwei Theilen, die resp. parallel der y- und der x-Axe sind. Da der Erdmagnetismus in der Richtung des magnetischen Meridians wirkt, seine Komponenten in den drei Koordinaten-Richtungen demnach wie vorher $H\cos\zeta$, $-H\sin\zeta$ und Z sind, so folgt, dass die Komponenten der Wirkung des magnetischen Punktes a des Stabes NS auf den Punkt b der Nadel es sind, welche in der angegebenen Weise zerlegt werden müssen, indem dieselben als die Summe zweier Kräfte dargestellt werden, welche an den auf einander senkrechten Hebelarmen bc und bb_1 unter demselben Winkel angreifen.

Die von dem in dem Punkte a enthaltenen Magnetismus dm auf den Magnetismus dm' in b ausgeübte Abstossungskraft ist $= \frac{dm\,dm'}{(ab)^2}$. Dies lässt sich in eine horizotale nach der Richtung $a'b$ wirkende, und eine vertikale Komponente in der Richtung aa' zerlegen, welche resp. $= \frac{dm\,dm'}{(ab)^2}\cdot\frac{a'b}{ab}$ und $= \frac{dm\,dm'}{(ab)^2}\cdot\frac{aa'}{ab}$ sind. Erstere ist wieder in zwei Komponenten, die parallel c_1D und c_1E sind, zu zerlegen, welche durch Multiplikation resp. mit $\frac{a'd}{a'b}$ und $\frac{bd}{a'b}$ ergeben. Um die Drehungsmomente zu erhalten, sind diese Komponenten noch mit den Hebelarmen bc und bb_1, an denen sie angreifen, zu multipliziren. Auf diese Weise erhalten wir die Kraft-Komponenten:

Digitized by Google

$$(10)\ldots\ldots\begin{cases} \text{in der Richtung } x\text{:} & M'x = -\int\int \frac{a'd\,.\,bc}{(ab)^3}\,dm\,.\,dm' - \int\int \frac{bd\,.\,bb_1}{(ab)^3}\,dm\,.\,dm' \\ \text{in der Richtung } y\text{:} & M'y = -\int\int \frac{bd\,.\,bc}{(ab)^3}\,dm\,.\,dm' + \int\int \frac{a'd\,.\,bb_1}{(ab)^3}\,dm\,.\,dm' \\ \text{in der Richtung } z\text{:} & M'z = -\int\int \frac{aa'\,.\,bc}{(ab)^3}\,dm\,.\,dm' - \int\int \frac{aa'\,.\,bb_1}{(ab)^3}\,dm\,.\,dm' \end{cases}$$

In der y-Richtung suchen die beiden Kräfte die Nadel in entgegengesetzter Richtung zu drehen, müssen daher entgegengesetztes Vorzeichen erhalten.

Man sieht nun leicht, dass

$$(11)\begin{cases} a'd = a_0 \cos\varepsilon + \xi \sin\psi \cos(\alpha-\beta-\varepsilon) - \xi' \cos\zeta' - b_0 \sin\zeta' & bc = \xi' \\ bd = a_0 \sin\varepsilon - \xi \sin\psi \sin(\alpha-\beta-\varepsilon) + \xi' \sin\zeta' - b_0 \cos\zeta' & bb_1 = b_0 \\ aa' = f_0 + \xi\cos\psi \quad \text{und} \\ (ab)^2 = e_0^2\left[1 + \frac{\xi^2+\xi'^2+2g\xi}{e_0^2} - \frac{\{2a_0\cos(\zeta'+\varepsilon) + 2\xi\sin\psi\cos[\zeta'-(\alpha-\beta-\varepsilon)]\}\xi'}{e_0^2}\right. \\ \qquad\qquad \left. + \frac{b_0^2 - 2b_0\xi\sin\psi\sin[\zeta'-(\alpha-\beta-\varepsilon)] - 2a_0b_0\sin(\zeta'+\varepsilon)}{e_0^2}\right] \end{cases}$$

ist, worin zur Abkürzung $g = a_0 \sin\psi\cos(\alpha-\beta) + f_0\cos\psi$ gesetzt ist.

Diese Werthe sind in (10) einzusetzen und die Entwickelung nach Potenzen von ξ, ξ' und b_0 vorzunehmen. Dabei wird man bemerken, dass man die mit $b_0\xi'$ multiplizirten Glieder von vornherein weglassen kann, weil sie in den beiden Theilen, aus denen die rechte Seite von (10) besteht, mit entgegengesetzten Vorzeichen vorkommen, sich also gegenseitig aufheben. Ferner kann man alle ungeraden Potenzen von b_0 weglassen, weil entsprechend den thatsächlichen Verhältnissen auf der andern Seite des Drehungspunktes c_1 in der Entfernung $-b_0$ eine ganz gleiche Nadel vorauszusetzen ist. Bei der Ableitung der Deviationsformel für das ganze System hat man so zu verfahren, dass man zunächst die Formel für $\sin\delta$ für jede der beiden Nadeln für sich ableitet und diese beiden Ausdrücke alsdann in einen einzigen zusammenfasst. Dabei fallen aber alle mit ungeraden Potenzen von b_0 multiplizirten Glieder fort und man kann daher die Ausdrücke einfacher gestalten, wenn man von vornherein nur die geraden Potenzen von b_0 beibehält. Auch von diesen genügt es, nur die zweite mitzunehmen, weil wir in (1), (2) und (3) auch für L und l die Entwickelung nicht weiter geführt haben.

Die Entwickelung der Gleichungen (10) führt bezüglich der Koeffizienten von L^2 und l^2 auf die schon unter (1), (2) und (3) gegebenen Ausdrücke; wir begnügen uns daher hier damit, nur die von b_0^2 abhängigen Ausdrücke zu geben, welche zu (1), (2) und (3) als Ergänzung hinzuzufügen sind.

Ergänzung zu (1):

. . . . . .

$$(12)\quad + \frac{M}{e_0^3}\sin\psi\,\frac{b_0^2}{e_0^2}\left[\cos(\alpha-\beta-\varepsilon)\left(3 - \frac{15}{4}\frac{a_0^2}{e_0^2}\right) - \cos\varepsilon\cos(\alpha-\beta)\left(\frac{45}{2}\frac{a_0^2}{e_0^2} - \frac{105}{4}\frac{a_0^4}{e_0^4}\right)\right]$$

$$+ \frac{M}{e_0^3}\sin\psi\,\frac{b_0^2}{e_0^2}\left[\sin(\alpha-\beta-\varepsilon)\left(\frac{3}{2} - \frac{45}{2}\frac{a_0^2}{e_0^2} + \frac{75}{2}\frac{a_0^2}{e_0^2}\cos\varepsilon^2\right) - \sin 2\varepsilon\left(15\frac{a_0^2}{e_0^2}\cos(\alpha-\beta-\varepsilon) - \frac{105}{4}\frac{a_0^4}{e_0^4}\cos\varepsilon\cos(\alpha-\beta)\right)\right.$$

$$\left. + \sin\varepsilon\cos(\alpha-\beta)\left(\frac{15}{2}\frac{a_0^2}{e_0^2} - \frac{105}{2}\frac{a_0^4}{e_0^4} + 105\frac{a_0^4}{e_0^4}\cos\varepsilon^2\right)\right]\sin 2\zeta'$$

$$+ \frac{M}{e_0^3}\sin\psi\,\frac{b_0^2}{e_0^2}\left[\cos(\alpha-\beta-\varepsilon)\left(\frac{3}{2} - \frac{75}{4}\frac{a_0^2}{e_0^2} + 30\frac{a_0^2}{e_0^2}\cos\varepsilon^2\right) + \sin 2\varepsilon\left(\frac{75}{4}\frac{a_0^2}{e_0^2}\sin(\alpha-\beta-\varepsilon) + \frac{105}{2}\frac{a_0^4}{e_0^4}\sin\varepsilon\cos(\alpha-\beta)\right)\right.$$

$$\left. - \cos\varepsilon\cos(\alpha-\beta)\left(\frac{15}{2}\frac{a_0^2}{e_0^2} - \frac{105}{4}\frac{a_0^4}{e_0^4} + \frac{105}{2}\frac{a_0^4}{e_0^4}\cos\varepsilon^2\right)\right]\cos 2\zeta'$$

$$+ \ldots\ldots$$

Digitized by Google

$$-\frac{M}{e_0^3}\cos\psi\frac{b_0^2}{e_0^2}\cos\varepsilon\left(15\frac{a_0 f_0}{e_0^2}-\frac{105}{4}\frac{a_0^3 f_0}{e_0^4}\right)$$

$$+\frac{M}{e_0^3}\cos\psi\frac{b_0^2}{e_0^2}\sin\varepsilon\left(\frac{15}{2}\frac{a_0 f_0}{e_0^2}-\frac{105}{2}\frac{a_0^3 f_0}{e_0^4}+\frac{315}{2}\frac{a_0^3 f_0}{e_0^4}\cos\varepsilon^2\right)\sin 2\zeta'$$

$$-\frac{M}{e_0^3}\cos\psi\frac{b_0^2}{e_0^2}\cos\varepsilon\left(\frac{15}{2}\frac{a_0 f_0}{e_0^2}-\frac{525}{4}\frac{a_0^3 f_0}{e_0^4}+\frac{315}{2}\frac{a_0^3 f_0}{e_0^4}\cos\varepsilon^2\right)\cos 2\zeta'$$

$$+\ \ldots\ldots$$

Ergänzung zu (2):

. . . . . .

(13)
$$-\frac{M}{e_0^3}\sin\psi\frac{b_0^2}{e_0^2}\left[\sin(\alpha-\beta-\varepsilon)\left(3-\frac{15}{4}\frac{a_0^2}{e_0^2}\right)+\sin\varepsilon\cos(\alpha-\beta)\left(\frac{45}{2}\frac{a_0^2}{e_0^2}-\frac{105}{4}\frac{a_0^4}{e_0^4}\right)\right]$$

$$-\frac{M}{e_0^3}\sin\psi\frac{b_0^2}{e_0^2}\left[\cos(\alpha-\beta-\varepsilon)\left(\frac{3}{2}+15\frac{a_0^2}{e_0^2}-\frac{75}{2}\frac{a_0^2}{e_0^2}\cos\varepsilon^2\right)-\sin 2\varepsilon\left(15\frac{a_0^2}{e_0^2}\sin(\alpha-\beta-\varepsilon)+\frac{105}{4}\frac{a_0^4}{e_0^4}\sin\varepsilon\cos(\alpha-\beta)\right)\right.$$

$$\left.-\cos\varepsilon\cos(\alpha-\beta)\left(\frac{15}{2}\frac{a_0^2}{e_0^2}+\frac{105}{2}\frac{a_0^4}{e_0^4}-105\frac{a_0^4}{e_0^4}\cos\varepsilon^2\right)\right]\sin 2\zeta'$$

$$+\frac{M}{e_0^3}\sin\psi\frac{b_0^2}{e_0^2}\left[\sin(\alpha-\beta-\varepsilon)\left(\frac{3}{2}+\frac{45}{4}\frac{a_0^2}{e_0^2}-30\frac{a_0^2}{e_0^2}\cos\varepsilon^2\right)+\sin 2\varepsilon\left(\frac{75}{4}\frac{a_0^2}{e_0^2}\cos(\alpha-\beta-\varepsilon)-\frac{105}{2}\frac{a_0^4}{e_0^4}\cos\varepsilon\cos(\alpha-\beta)\right)\right.$$

$$\left.+\sin\varepsilon\cos(\alpha-\beta)\left(\frac{15}{2}\frac{a_0^2}{e_0^2}+\frac{105}{4}\frac{a_0^4}{e_0^4}-\frac{105}{2}\frac{a_0^4}{e_0^4}\cos\varepsilon^2\right)\right]\cos 2\zeta'$$

$$+\ \ldots\ldots$$

$$-\frac{M}{e_0^3}\cos\psi\frac{b_0^2}{e_0^2}\sin\varepsilon\left(15\frac{a_0 f_0}{e_0^2}-\frac{105}{4}\frac{a_0^3 f_0}{e_0^4}\right)$$

$$+\frac{M}{e_0^3}\cos\psi\frac{b_0^2}{e_0^2}\cos\varepsilon\left(\frac{15}{2}\frac{a_0 f_0}{e_0^2}+105\frac{a_0^3 f_0}{e_0^4}-\frac{315}{2}\frac{a_0^3 f_0}{e_0^4}\cos\varepsilon^2\right)\sin 2\zeta'$$

$$+\frac{M}{e_0^3}\cos\psi\frac{b_0^2}{e_0^2}\sin\varepsilon\left(\frac{15}{2}\frac{a_0 f_0}{e_0^2}+\frac{105}{4}\frac{a_0^3 f_0}{e_0^4}-\frac{315}{2}\frac{a_0^3 f_0}{e_0^4}\cos\varepsilon^2\right)\cos 2\zeta'$$

$$+\ \ldots\ldots$$

Ergänzung zu (3):

. . . . . .

(14)
$$-\frac{M}{e_0^3}\sin\psi\frac{b_0^2}{e_0^2}\left(15\frac{a_0 f_0}{e_0^2}-\frac{105}{4}\frac{a_0^3 f_0}{e_0^4}\right)\cos(\alpha-\beta)$$

$$+\frac{M}{e_0^3}\sin\psi\frac{b_0^2}{e_0^2}\left[\frac{15}{2}\frac{a_0 f_0}{e_0^2}\sin(\alpha-\beta-2\varepsilon)-15\frac{a_0 f_0}{e_0^2}\cos(\alpha-\beta-2\varepsilon)+\cos(\alpha-\beta)\left(\frac{105}{2}\frac{a_0^3 f_0}{e_0^4}\cos 2\varepsilon+\frac{105}{4}\frac{a_0^3 f_0}{e_0^4}\sin 2\varepsilon\right)\right]\sin$$

$$+\frac{M}{e_0^3}\sin\psi\frac{b_0^2}{e_0^2}\left[\frac{15}{2}\frac{a_0 f_0}{e_0^2}\cos(\alpha-\beta-2\varepsilon)+15\frac{a_0 f_0}{e_0^2}\sin(\alpha-\beta-2\varepsilon)+\cos(\alpha-\beta)\left(\frac{105}{2}\frac{a_0^3 f_0}{e_0^4}\sin 2\varepsilon-\frac{105}{4}\frac{a_0^3 f_0}{e_0^4}\cos 2\varepsilon\right)\right]\cos$$

$$+\ \ldots\ldots$$

$$+\frac{M}{e_0^3}\cos\psi\frac{b_0^2}{e_0^2}\left(\frac{3}{2}-\frac{15}{2}\frac{f_0^2}{e_0^2}-\frac{15}{4}\frac{a_0^2}{e_0^2}+\frac{105}{4}\frac{a_0^2 f_0^2}{e_0^4}\right)$$

$$-\frac{M}{e_0^3}\cos\psi\frac{b_0^2}{e_0^2}\left[\sin 2\varepsilon\left(\frac{15}{4}\frac{a_0^2}{e_0^2}-\frac{105}{4}\frac{a_0^2 f_0^2}{e_0^4}\right)+\cos 2\varepsilon\left(\frac{15}{2}\frac{a_0^2}{e_0^2}-\frac{105}{2}\frac{a_0^2 f_0^2}{e_0^4}\right)\right]\sin 2\zeta'$$

$$+\frac{M}{e_0^3}\cos\psi\frac{b_0^2}{e_0^2}\left[\cos 2\varepsilon\left(\frac{15}{4}\frac{a_0^2}{e_0^2}-\frac{105}{4}\frac{a_0^2 f_0^2}{e_0^4}\right)-\sin 2\varepsilon\left(\frac{15}{2}\frac{a_0^2}{e_0^2}-\frac{105}{2}\frac{a_0^2 f_0^2}{e_0^4}\right)\right]\cos 2\zeta'$$

$$+\ \ldots\ldots$$

Digitized by Google

Die in den Ausdrücken (12), (13) und (14) gegebenen Glieder sind also den Gleichungen (1), (2) und (3) hinzuzufügen. Vergleicht man die mit l^2 und b_0^2 multiplizirten Glieder mit einander, so sieht man, dass in (12), (13) und (14) die von $\begin{matrix}sin\\cos\end{matrix} 2\zeta'$ unabhängigen Faktoren von b_0^2 mit den entsprechenden Faktoren von l^2 in (1), (2) und (3) identisch sind, beide lassen sich daher zu einem mit $l^2+b_0^2 = l_1^2$ multiplizirten Gliede zusammenfassen, wenn wir mit l_1 den Abstand des Poles der Nadel von dem Drehungspunkt der Rose bezeichnen; die Faktoren der andern Glieder sind dagegen von einander verschieden.

Wenn wir nun die Gleichungen (7) aufstellen, so haben wir, wie schon erwähnt, links $\zeta'-\gamma$ anstatt ζ' zu setzen und zu bedenken, dass x, y und x_1, y_1 durch die in (12), (13) und (14) gegebenen Glieder zu ergänzen sind. Es ist daher:

(7a) ..... $$\left\{\begin{aligned} H'\cos(\zeta'-\gamma) &= H\cos\zeta+x+x_1\\ -H'\sin(\zeta'-\gamma) &= -H\sin\zeta+y+y_1\\ Z' &= Z+z+z_1\end{aligned}\right.$$

Wird die erste Gleichung mit $\sin(\zeta'-\gamma)$ und die zweite mit $\cos(\zeta'-\gamma)$ multiplizirt und beide addirt, so ergiebt sich:

(15) ..... $$\sin(\delta+\gamma) = \frac{x+x_1}{H}\sin(\zeta'-\gamma)+\frac{y+y_1}{H}\cos(\zeta'+\gamma)$$

Der gebräuchlichen Konstruktion der Kompassrose entsprechend, ist in der Entfernung b_0 auf der anderen Seite des Hütchens eine genau gleiche Nadel zu denken, für welche wir also in (7) $\zeta'+\gamma$ anstatt ζ' zu setzen haben. Man erhält also für diese Nadel:

(16) ..... $$\sin(\delta-\gamma) = \frac{x+x_1}{H}\sin(\zeta'+\gamma)+\frac{y+y_1}{H}\cos(\zeta'+\gamma)$$

und, wenn (15) und (16) zusammengefasst werden:

$$\sin\delta\cos\gamma = \frac{x+x_1}{H}\sin\zeta'\cos\gamma+\frac{y+y_1}{H}\cos\zeta'\cos\gamma$$

oder

(17) ..... $$\sin\delta = \frac{x+x_1}{H}\sin\zeta'+\frac{y+y_1}{H}\cos\zeta'$$

Die Formel (9) gilt demnach auch für eine Rose mit zwei symmetrisch auf beiden Seiten der Nord-Süd-Linie liegenden Nadeln mit der Modifikation, dass die Koeffizienten A, $\frac{l^2}{e_0^2}A_1$, $\frac{l^2}{e_0^2}A_2$ u. s. w. durch die entsprechenden, mit $\frac{b_0^2}{e_0^2}$ multiplizirten Glieder aus (12), (13), (14) zu ergänzen sind. Bezeichnen wir diese mit $\frac{b_0^2}{e_0^2}(A_1)$, $\frac{b_0^2}{e_0^2}(A_2)$ u. s. w., so haben wir überall statt $\frac{l^2}{e_0^2}A_1$ u. s. w. zu setzen: $\frac{l^2}{e_0^2}A_1+\frac{b_0^2}{e_0^2}(A_1)$ u. s. w.

Aus (9) ergiebt sich, dass es sich bei den von der Länge der Nadel abhängigen Gliedern quadrantalen, sextantalen und oktantalen Charakters nur um folgende Zusammenfassungen der (in der soeben angedeuteten Weise ergänzten) Koeffizienten handelt: A_2+B_1, B_2-A_1, $A_2'+B_1'$ und $B_2'-A_1'$. Wir wollen hier nur die erste dieser Combinationen näher ausführen. Es ist

$$\begin{aligned} A_2+\frac{b_0^2}{e_0^2}(A_2) = \frac{l^2}{e_0^2}\Big[&\cos(\alpha-\beta-\varepsilon)\Big(\frac{3}{2}+\frac{15}{4}\frac{a_0^2}{e_0^2}-\frac{45}{2}\frac{a_0^2}{e_0^2}\cos\varepsilon^2\Big)-\Big(\frac{105}{4}\frac{a_0^4}{e_0^4}-\frac{105}{2}\frac{a_0^4}{e_0^4}\cos\varepsilon^2\Big)\cos\varepsilon\cos(\alpha-\beta)\Big]\\ +\frac{b_0^2}{e_0^2}\Big[&\cos(\alpha-\beta-\varepsilon)\Big(\frac{3}{2}-\frac{75}{4}\frac{a_0^2}{e_0^2}+30\frac{a_0^2}{e_0^2}\cos\varepsilon^2\Big)+\sin 2\varepsilon\Big(\frac{75}{4}\frac{a_0^2}{e_0^2}\sin(\alpha-\beta-\varepsilon)+\frac{105}{2}\frac{a_0^4}{e_0^4}\sin\varepsilon\cos(\alpha-\beta)\Big)\\ &-\cos\varepsilon\cos(\alpha-\beta)\Big(\frac{15}{2}\frac{a_0^2}{e_0^2}-\frac{105}{4}\frac{a_0^4}{e_0^4}+\frac{105}{2}\frac{a_0^4}{e_0^4}\cos\varepsilon^2\Big)\Big]\end{aligned}$$

Digitized by Google

$$\frac{l^2}{e_0^2}B_1+\frac{b_0^2}{e_0^2}(B_1) = \frac{l^2}{e_0^2}\left[-\cos(\alpha-\beta-\varepsilon)\left(\frac{3}{2}-\frac{15}{2}\frac{a_0^2}{e_0^2}\right)-\sin 2\varepsilon\left(\frac{45}{4}\frac{a_0^2}{e_0^2}\sin(\alpha-\beta-\varepsilon)+\frac{105}{4}\frac{a_0^4}{e_0^4}\sin\varepsilon\cos(\alpha-\beta)\right)\right]$$

$$+\frac{b_0^2}{e_0^2}\left[-\cos(\alpha-\beta-\varepsilon)\left(\frac{3}{2}+15\frac{a_0^2}{e_0^2}-\frac{75}{2}\frac{a_0^2}{e_0^2}\cos\varepsilon^2\right)+\sin 2\varepsilon\left(15\frac{a_0^2}{e_0^2}\sin(\alpha-\beta-\varepsilon)+\frac{105}{4}\frac{a_0^4}{e_0^4}\sin\varepsilon\cos(\alpha-\right.\right.$$

$$\left.\left.+\cos\varepsilon\cos(\alpha-\beta)\left(\frac{15}{2}\frac{a_0^2}{e_0^2}+\frac{105}{2}\frac{a_0^4}{e_0^4}-105\frac{a_0^4}{e_0^4}\cos\varepsilon^2\right)\right]\right.$$

also finden wir:

$$\frac{l^2}{e_0^2}A_2+\frac{b_0^2}{e_0^2}(A_2)+\frac{l^2}{e_0^2}B_1+\frac{b_0^2}{e_0^2}(B_1) =$$

$$\frac{l^2}{e_0^2}\left[\cos(\alpha-\beta-\varepsilon)\left(\frac{45}{4}\frac{a_0^2}{e_0^2}-\frac{45}{2}\frac{a_0^2}{e_0^2}\cos\varepsilon^2\right)-\left(\frac{105}{4}\frac{a_0^4}{e_0^4}-\frac{105}{2}\frac{a_0^4}{e_0^4}\cos\varepsilon^2\right)\cos\varepsilon\cos(\alpha-\beta)\right.$$

$$\left.-\sin 2\varepsilon\left(\frac{45}{4}\frac{a_0^2}{e_0^2}\sin(\alpha-\beta-\varepsilon)+\frac{105}{4}\frac{a_0^4}{e_0^4}\sin\varepsilon\cos(\alpha-\beta)\right)\right]$$

$$+\frac{b_0^2}{e_0^2}\left[-\cos(\alpha-\beta-\varepsilon)\left(\frac{135}{4}\frac{a_0^2}{e_0^2}-\frac{135}{2}\frac{a_0^2}{e_0^2}\cos\varepsilon^2\right)+\left(\frac{315}{4}\frac{a_0^4}{e_0^4}-\frac{315}{2}\frac{a_0^4}{e_0^4}\cos\varepsilon^2\right)\cos\varepsilon\cos(\alpha-\beta)\right.$$

$$\left.+\sin 2\varepsilon\left(\frac{135}{4}\frac{a_0^2}{e_0^2}\sin(\alpha-\beta-\varepsilon)+\frac{315}{4}\frac{a_0^4}{e_0^4}\sin\varepsilon\cos(\alpha-\right.\right.$$

Es ergiebt sich demnach, dass der Koeffizient von b_0^2 das dreifache desjenigen von l^2 ist und das entgegengesetzte Vorzeichen hat, und dasselbe Ergebniss erhalten wir auch für die andern Kombinationen.

Hieraus folgt also das wichtige Resultat, dass man alle nur von der Länge der Nadel abhängigen Glieder, welche eine quadrantale, sextantale und oktantale Deviation hervorbringen, zum Verschwinden bringen kann, wenn b_0 so gewählt wird, dass $l^2-3\,b_0^2 = 0$ ist.

Setzen wir $l = l_1 \cos\gamma$ und $b_0 = l_1 \sin\gamma$, worin also γ den Winkel bedeutet, welchen die von dem Pol einer der beiden Nadeln nach dem Drehungspunkt der Rose gezogene Linie l_1 mit der Nord-Süd-Linie derselben bildet, so folgt:

$$l_1^2\cos\gamma^2-3\,l_1^2\sin\gamma^2 = 0$$

woraus

$$tg\,\gamma = \frac{1}{\sqrt{3}} \quad \text{oder} \quad \gamma = 30°.$$

Eine mit zwei Nadeln versehene Rose, welche so angeordnet sind, dass die Verbindungslinien der diametral gelegenen Pole einen Winkel von 60° mit einander bilden, jede also einen solchen von 30° mit der Nord-Süd-Linie der Rose, sollte daher keine sextantale und oktantale Deviation zeigen.

Angesichts dieses Ergebnisses, welches mit dem von Archibald Smith und Kapt. Evans theoretisch und praktisch gefundenen übereinstimmt, muss es auffällig erscheinen, dass Herr Vital mit einer Rose, welche wenigstens annähernd der obigen Bedingung entsprochen hat, überhaupt eine oktantale Deviation erhalten hat. Es ist wohl anzunehmen, dass die Bedingung nur annähernd erfüllt gewesen ist, da vermuthlich die Angabe, dass der Winkelabstand der Nadeln (vom Nordpunkt der Rose) 30° betragen habe, sich auf die Enden derselben, nicht aber auf die Pole, welche ungefähr um $^1/_{10}$ der Länge von den Enden entfernt liegen, bezogen hat; immerhin könnte aber die oktantale Deviation nur äusserst klein gewesen sein.

Setzen wir wie oben:

$$l^2-3\,b_0^2 = l_1^2\cos\gamma^2-3\,l_1^2\sin\gamma^2 = l_1^2(4\cos\gamma^2-3)$$

und bedenken, dass $\cos 3\gamma = 4\cos\gamma^3-3\cos\gamma$ ist, so kann die Formel für die Deviation auch in der Form geschrieben werden:

$$(18)\ldots\ldots\ldots \quad \sin\delta = A+B\frac{\cos 3\gamma}{\cos\gamma} \quad \text{oder} \quad \sin\delta\cos\gamma = A\cos\gamma+B\cos 3\gamma$$

wo A die semizirkularen und quadrantalen Glieder umfasst, während in B alle Glieder zusammengefasst sind, welche von der Länge der Nadel abhängen und eine quadrantale, sextantale und oktantale Deviation bewirken. Man kann daher die Bedingung, dass die in B enthaltenen Glieder wegfallen sollen, auch dadurch ausdrücken, dass $\cos 3\gamma = 0$ oder $\gamma = 30°$ sein müsse.

Digitized by Google

II. Ableitung der Ausdrücke für die auf eine Nadel wirkenden Kräfte, wenn diese selbst in einem Eisenstabe Magnetismus induzirt.

Im Vorhergehenden [Formel (6)] ist vorausgesetzt worden, dass der Magnetismus des weichen Eisenstabes nur durch den Erdmagnetismus, also durch ein homogenes Feld, induzirt worden sei. Wenn aber der Eisenstab den Nadeln der Rose sehr nahe liegt, so induziren auch diese ein magnetisches Moment in demselben, welches auf die Nadeln zurückwirkt. Da nun in diesem Falle das Feld nicht mehr homogen ist, so bedarf es einer näheren Untersuchung, ob die Regel, welche wir im vorhergehenden Abschnitt für die Anordnung der Nadeln behufs Ausschliessung der oktantalen Deviation gefunden haben, auch für das nicht homogene Feld gilt oder nicht.

Es wird daher unsere Aufgabe sein, den Ausdruck für das durch eine Magnetnadel in einem in beliebiger Lage befindlichen Eisenstab induzirte magnetische Moment abzuleiten. Wir folgen dabei ganz den in Lamont's Handbuch des Erdmagnetismus § 105—111 auseinander gesetzten Anschauungen und Verfahrungsweisen. Danach wird in einem Eisenstabe, welcher der Induktion eines nahe gelegenen Magnets ausgesetzt ist, dessen Axe nicht mit der des Eisenstabes zusammenfällt, in verschiedenen Richtungen ein magnetisches Moment induzirt, wovon jedoch das in der Richtung der Haupt-Dimension des Stabes induzirte das stärkste ist, und zwar ist der Magnetismus ungleichmässig in dem Stabe vertheilt, indem das dem Magnet zunächst gelegene Ende des Stabes stärker magnetisch wird, als das abgewendete. Hierdurch wird das Problem ein sehr komplizirtes, welches wohl kaum in allen Fällen einer strengen theoretischen Lösung fähig ist. Ist die Entfernung zwischen Magnet und Stab nicht allzu klein, so wird man voraussetzen dürfen, dass der Stab in allen seinen Theilen den mittleren Betrag an induzirtem Magnetismus habe, dass also sein ganzer Magnetismus ausgedrückt wird durch $2 L_1 m$, wenn L_1 die halbe Länge des Stabes und m den induzirten Magnetismus der Längeneinheit bedeutet. Auch nehmen wir, wie hier überall, an, dass wir es mit Elementar-Magneten zu thun haben, die nur eine Dimension, die Länge, besitzen und vereinfachen die Voraussetzungen noch in der Weise, dass wir den Stab mit seiner Axe in einer der Horizontal-Ebene durch die Nadel parallelen, aber um die Grösse f_0 oberhalb derselben gelegenen Ebene liegend annehmen, in welcher derselbe jedoch irgend eine beliebige Stellung einnehmen kann. Diese Voraussetzung ist um so berechtigter, als es sich in der Praxis nur um die zur Kompensation der quadrantalen Deviation verwendeten Massen weichen Eisens handeln kann, welche die vorausgesetzte Lage haben, denn nur diese liegen der Rose so nahe, dass von einer Induktion von Magnetismus durch die Nadeln die Rede sein kann.

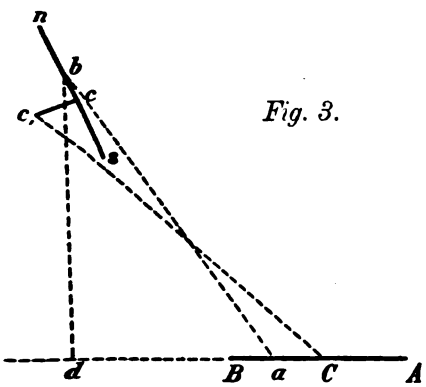


Fig. 3.

In nebenstehender Fig. 3 sei ns die induzirende Magnetnadel, AB die Projektion des Eisenstabes auf die Ebene durch die Nadel, dessen induzirtes magnetisches Moment wir suchen, c_1 der Drehungspunkt der Rose, den wir zum Anfangspunkt der Koordinaten annehmen, a ein Punkt in dem Stabe, b ein solcher in der Nadel. Die Bezeichnungen seien sonst die gleichen wie vorher, also $Ca = \xi$, $cb = \xi'$, $cc_1 = b_0$ u. s. w., dann ist die Anziehung des im Punkte b befindlichen Elementar-Magnetismus dm' im Punkte a nach der Richtung der Länge AB des Stabes

$$= \frac{ad \,.\, dm'}{\{(ab)^2+f_0^2\}^{3/2}}$$

Aus der Figur ergiebt sich leicht, dass:

$$ad = a_0 \cos(\alpha-\beta) - \xi - \xi' \cos[\zeta' - (\alpha-\beta-\varepsilon)] - b_0 \sin[\zeta' - (\alpha-\beta-\varepsilon)]$$

$$(ab)^2 = a_0^2+\xi^2+\xi'^2+b_0^2 - \{2a_0\cos(\alpha-\beta) - \xi'\cos[\zeta'-(\alpha-\beta-\varepsilon)] - b_0 \sin[\zeta'-(\alpha-\beta-\varepsilon)]\}\xi - 2a_0 b \sin(\zeta'+\varepsilon) - 2a_0\xi'\cos(\zeta'+\varepsilon)$$

ist und wenn wir $a_0^2+f_0^2 = e_0^2$ setzen, so übt der Magnet ns in der ganzen Länge des Stabes eine Kraft aus, die

Digitized by Google

$$= \int\int \frac{\{a_0 \cos(\alpha-\beta) - \xi - \xi' \cos[\zeta'-(\alpha-\beta-\varepsilon)] - b_0 \sin[\zeta'-(\alpha-\beta-\varepsilon)]\}\, d\xi\, dm'}{[e_0^2+\xi^2+\xi'^2+b_0^2-2a_0\xi'\cos(\zeta'+\varepsilon)-2a_0 b_0 \sin(\zeta'+\varepsilon)-\{2a_0\cos(\alpha-\beta)-\xi'\cos[\zeta'-(\alpha-\beta-\varepsilon)]-b_0\sin[\zeta'-(\alpha-\beta-\varepsilon)]\}\xi]^{3/2}}$$

$$= \int N^{-3/2}\, dm'$$

wenn wir mit N den Nenner des vorstehenden Ausdrucks bezeichnen. Da der erste Ausdruck ein vollständiges Differential des zweiten nach ξ ist, so kann die allgemeine Integration nach ξ sofort ausgeführt werden, wozu noch zu bemerken ist, dass dieselbe zwischen den Grenzen $\pm L_1$ auszuführen ist. Es fallen daher für L_1 ebenso wie für $\xi' dm'$ alle geraden Potenzen fort. Andererseits soll, ausser der hier vorausgesetzten Nadel ns eine zweite, dieser gleiche, im Abstande $-b_0$ auf der andern Seite von c_1 vorhanden sein, welche in AB ebenfalls ein magnetisches Moment induzirt. Bei der Zusammenfassung der Ausdrücke für diese beiden Momente fallen daher alle ungeraden Potenzen von b_0 weg, wie wir dies schon im vorigen Abschnitt gezeigt haben. Unter Berücksichtigung dieser Bemerkungen erhält man für die Summe der von beiden Nadeln auf AB ausgeübten Kräfte, d. h. für das in AB induzirte magnetische Moment den Ausdruck:

$$\begin{aligned}
(19)\quad M_1 = \frac{4L_1}{e_0^3}\mu M' \Big[& \Big(3\frac{a_0^2}{e_0^2}\cos\varepsilon\cos(\alpha-\beta) - \cos(\alpha-\beta-\varepsilon)\Big)\cos\zeta' - \Big(3\frac{a_0^2}{e_0^2}\sin\varepsilon\cos(\alpha-\beta)+\sin(\alpha-\beta-\varepsilon)\Big)\sin\zeta' \\
& + \frac{L_1^2}{e_0^2}\Big\{\cos(\alpha-\beta-\varepsilon)\Big(\frac{3}{2}-\frac{15}{2}\frac{a_0^2}{e_0^2}\cos(\alpha-\beta)^2\Big) - \cos\varepsilon\cos(\alpha-\beta)\Big(\frac{15}{2}\frac{a_0^2}{e_0^2}-\frac{35}{2}\frac{a_0^4}{e_0^4}\cos(\alpha-\beta)^2\Big)\Big\}\cos\zeta' \\
& + \frac{L_1^2}{e_0^2}\Big\{\sin(\alpha-\beta-\varepsilon)\Big(\frac{3}{2}-\frac{15}{2}\frac{a_0^2}{e_0^2}\cos(\alpha-\beta)^2\Big) + \sin\varepsilon\cos(\alpha-\beta)\Big(\frac{15}{2}\frac{a_0^2}{e_0^2}-\frac{35}{2}\frac{a_0^4}{e_0^4}\cos(\alpha-\beta)^2\Big)\Big\}\sin\zeta' \\
& + \frac{l^2}{e_0^2}\Big\{\cos(\alpha-\beta-\varepsilon)\Big(\frac{3}{2}-\frac{15}{4}\frac{a_0^2}{e_0^2}\Big) - \cos\varepsilon\cos(\alpha-\beta)\Big(\frac{75}{8}\frac{a_0^2}{e_0^2}-\frac{105}{8}\frac{a_0^4}{e_0^4}\Big)+\frac{15}{8}\frac{a_0^2}{e_0^2}\sin\varepsilon\sin(\alpha-\beta)\Big\}\cos\zeta' \\
& + \frac{l^2}{e_0^2}\Big\{\sin(\alpha-\beta-\varepsilon)\Big(\frac{3}{2}-\frac{15}{4}\frac{a_0^2}{e_0^2}\Big) + \sin\varepsilon\cos(\alpha-\beta)\Big(\frac{75}{8}\frac{a_0^2}{e_0^2}-\frac{105}{8}\frac{a_0^4}{e_0^4}\Big)+\frac{15}{8}\frac{a_0^2}{e_0^2}\cos\varepsilon\sin(\alpha-\beta)\Big\}\sin\zeta' \\
& - \frac{l^2}{e_0^2}\Big\{\cos 3\varepsilon\cos(\alpha-\beta)\Big(\frac{15}{8}\frac{a_0^2}{e_0^2}-\frac{35}{8}\frac{a_0^4}{e_0^4}\Big)+\frac{15}{8}\frac{a_0^2}{e_0^2}\sin 3\varepsilon\sin(\alpha-\beta)\Big\}\cos 3\zeta' \\
& + \frac{l^2}{e_0^2}\Big\{\sin 3\varepsilon\cos(\alpha-\beta)\Big(\frac{15}{8}\frac{a_0^2}{e_0^2}-\frac{35}{8}\frac{a_0^4}{e_0^4}\Big) - \frac{15}{8}\frac{a_0^2}{e_0^2}\cos 3\varepsilon\sin(\alpha-\beta)\Big\}\sin 3\zeta' \\
& + \ldots\ldots \\
& + \frac{b_0^2}{e_0^2}\Big\{\cos(\alpha-\beta-\varepsilon)\Big(\frac{3}{2}-\frac{15}{4}\frac{a_0^2}{e_0^2}\Big) - \cos\varepsilon\cos(\alpha-\beta)\Big(\frac{75}{8}\frac{a_0^2}{e_0^2}-\frac{105}{8}\frac{a_0^4}{e_0^4}\Big)+\frac{15}{8}\frac{a_0^2}{e_0^2}\sin\varepsilon\sin(\alpha-\beta)\Big\}\cos\zeta' \\
& + \frac{b_0^2}{e_0^2}\Big\{\sin(\alpha-\beta-\varepsilon)\Big(\frac{3}{2}-\frac{15}{4}\frac{a_0^2}{e_0^2}\Big) + \sin\varepsilon\cos(\alpha-\beta)\Big(\frac{75}{8}\frac{a_0^2}{e_0^2}-\frac{105}{8}\frac{a_0^4}{e_0^4}\Big)+\frac{15}{8}\frac{a_0^2}{e_0^2}\cos\varepsilon\sin(\alpha-\beta)\Big\}\sin\zeta' \\
& + \frac{b_0^2}{e_0^2}\Big\{\cos 3\varepsilon\cos(\alpha-\beta)\Big(\frac{45}{8}\frac{a_0^2}{e_0^2}-\frac{105}{8}\frac{a_0^4}{e_0^4}\Big)+\frac{45}{8}\frac{a_0^2}{e_0^2}\sin 3\varepsilon\sin(\alpha-\beta)\Big\}\cos 3\zeta' \\
& - \frac{b_0^2}{e_0^2}\Big\{\sin 3\varepsilon\cos(\alpha-\beta)\Big(\frac{45}{8}\frac{a_0^2}{e_0^2}-\frac{105}{8}\frac{a_0^4}{e_0^4}\Big) - \frac{45}{8}\frac{a_0^2}{e_0^2}\cos 3\varepsilon\sin(\alpha-\beta)\Big\}\sin 3\zeta' + \ldots\Big]
\end{aligned}$$

Dieser Ausdruck ist in (1), (2) und (3) als Werth von M einzusetzen und die entstehenden Glieder als Ergänzung zu x_1, y_1, z_1 hinzuzufügen. Aus (19) ist ersichtlich, dass die Koeffizienten der mit $\frac{l^2}{e_0^2}\frac{\cos}{\sin}\zeta'$ und mit $\frac{b_0^2}{e_0^2}\frac{\cos}{\sin}\zeta'$ multiplizirten Glieder resp. einander gleich sind und daher in zwei mit $\frac{l^2+b_0^2}{e_0^2} = \frac{l_1^2}{e_0^2}$ multiplizirte Glieder zusammengefasst werden können. Dagegen sind die Koeffizienten von $\frac{b_0^2}{e_0^2}\frac{\cos}{\sin}3\zeta'$ das dreifache derjenigen von $\frac{l^2}{e_0^2}\frac{\cos}{\sin}3\zeta'$ und haben das entgegengesetzte Vorzeichen. Bezüglich der Ableitung einer Formel

Digitized by Google

für $\sin\delta$ unter Berücksichtigung dieser neuen Glieder ist folgendes zu beachten. Da wir $\frac{l^2}{e_0^2}$, $\frac{L^2}{e_0^2}$ und $\frac{L_1^2}{e_0^2}$ sowie $\frac{b_0^2}{e_0^2}$ als kleine Grössen erster Ordnung ansehen, so sind ihre Produkte und höheren Potenzen als kleine Grössen zweiter Ordnung zu betrachten und bleiben daher unberücksichtigt. Bei Ableitung der Formel für $\sin\delta$ sind nach (15) diese Glieder mit $\frac{\sin}{\cos}(\zeta' \mp \gamma)$ zu multipliziren, wodurch, wie man leicht übersieht, in $\sin\delta$ Glieder entstehen, welche mit $\frac{\sin}{\cos}(2\zeta' \mp \gamma)$ und $\frac{\sin}{\cos}(4\zeta' \mp \gamma)$ multiplizirt sind, d. h. es treten Glieder von quadrantalem und oktantalem Charakter auf. Die Glieder der letzteren Art, welche aus der Multiplikation von $\frac{\cos}{\sin} 3\zeta'$ mit $\frac{\sin}{\cos}(\zeta' \mp \gamma)$ entstanden sind, werden nun in der Formel für $\sin\delta$ mit dem von L und l unabhängigen Gliede der Formeln (1) und (2) multiplizirt auftreten und da nach (19) die Faktoren von $\frac{b_0^2}{e_0^2}\frac{\sin}{\cos}(4\zeta' \mp \gamma)$ das -3fache derjenigen von $\frac{l^2}{e_0^2}\frac{\sin}{\cos}(4\zeta' \mp \gamma)$ sind, so folgt, dass auch diese Glieder verschwinden, wenn $l^2 - 3b_0^2 = 0$ ist. Andere oktantale Glieder entstehen durch Multiplikation der von L_1, l und b_0 unabhängigen Glieder der Formel (19) mit $\left(\frac{l^2}{e_0^2}A_1 + \frac{b_0^2}{e_0^2}(A_1)\right)\sin 2\zeta'$ u. s. w. In der Formel für $\sin\delta$ erscheinen dieselben mit $\left(\frac{l^2}{e_0^2}A_2 + \frac{b_0^2}{e_0^2}(A_2)\right) + \left(\frac{l^2}{e_0^2}B_1 + \frac{b_0^2}{e_0^2}(B_1)\right)$ u. s. w. multiplizirt, für welche das Verschwinden, wenn $l^2 - 3b_0^2 = 0$ ist, im vorigen Abschnitt bereits nachgewiesen ist.

Wir gelangen somit zu dem Resultat, dass bei einer Rose, in welcher zwei Nadeln so angeordnet sind, dass die Bedingung $l^2 - 3b_0^2 = 0$ oder $\cos 3\gamma = 0$ erfüllt ist, weder durch Induktion des Erdmagnetismus, noch durch eine solche der Nadeln selbst oder durch die Wirkung permanenter Magnete oder vertikal stehender Eisenmassen eine sextantale oder oktantale Deviation entstehen kann. Dieser Satz bedarf aber vielleicht einer kleinen Einschränkung. Bei Ableitung des durch die Nadeln selbst hervorgerufenen magnetischen Moments [Formel (19)] musste der Umstand unberücksichtigt bleiben, dass der induzirte Magnetismus in dem Eisenstabe ungleichförmig vertheilt und das den Nadeln zugewendete Ende stärker magnetisch ist, als das abgewendete. Es ist deshalb nicht unmöglich, dass bei, der Rose sehr nahe liegenden Stäben, auch wenn dieselbe der Bedingung $l^2 - 3b_0^2 = 0$ genügt, eine kleine oktantale Deviation zurückbleiben könnte, die aber jedenfalls nur sehr geringfügig sein würde, weil die Erfüllung der Bedingung auf alle Fälle den weitaus grössten Theil der sonst (etwa bei einer einfachen Nadel) auftretenden oktantalen Deviation aufheben muss. Hierin ist vielleicht die Ursache für die von Herrn Vital beobachtete kleine oktantale Deviation bei einer Rose, die sehr annähernd der obigen Bedingung entsprach, zu suchen.

III. Ableitung des Ausdruckes für die auf zwei sich kreuzende Nadeln wirkenden Kräfte.

In dem Aufsatze des Herrn Vital wird gesagt, dass es für die magnetische Wirkung einerlei sein müsse, wie man bei einer Kompassrose, die mit mehreren symmetrisch auf beiden Seiten der Nord-Süd-Linie angebrachten Nadeln versehen ist, die Pole kombinire und dass man daher die diametral zu einander liegenden Pole zweier Nadeln als zu einer und derselben Nadel gehörig ansehen könne. Diese Auffassung scheint auf den ersten Blick einwandfrei zu sein, darf aber doch nicht ohne nähere Prüfung hingenommen werden, wenn man nicht vielleicht in einen ähnlichen, wie den anfangs von mir selber begangenen Fehler verfallen will, als ich annahm, dass man zwei parallele Nadeln durch eine einzige, in der Nord-Süd-Linie der Rose liegende, ersetzen dürfe.

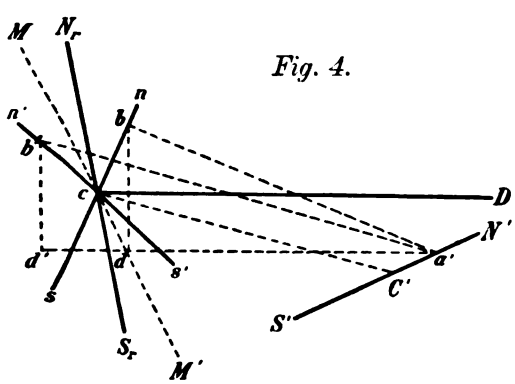


Fig. 4.

Um sich hierüber Klarheit zu verschaffen, ist es nothwendig, die Ausdrücke für die auf zwei sich kreuzende Nadeln, welche mit der Nord-Süd-Linie der Rose je den Winkel η bilden mögen, wirkenden Kräfte abzuleiten.

Es sei demnach in Figur 4 ns die eine Nadel, N_rS_r die Nord-Süd-Linie der Kompassrose, $n's'$ die andere Nadel, welche sich mit der ersten in dem Punkte c, dem Drehungspunkte des Systems, kreuzt und mit N_rS_r denselben Winkel bildet, wie ns. $N'S'$ sei wieder die Projektion des ablenkenden Stabes NS auf die Ebene der Nadel, cD die x-Axe des Koordinaten-Systems.

Digitized by Google

Als neue Bezeichnung führen wir diejenige des Winkels $N_r cn = N_r cn' = \eta$ ein, alle anderen Grössen werden in derselben Weise bezeichnet wie seither, insbesondere ist also $McN_r = \delta =$ der Ablenkung des Systems aus dem magnetischen Meridian.

Man erhält dann die folgenden Gleichgewichts-Bedingungen für die auf die Nadeln ns und $n's'$ wirkenden horizontalen Kräfte:

$$H'\cos(\zeta'-\eta) = H\cos\zeta - \int\int \frac{a'd}{(ab)^3}\xi'\,dm\,dm', \quad H'\cos(\zeta'+\eta) = H\cos\zeta - \int\int \frac{a'd'}{(ab)^3}\xi'\,dm\,dm'$$

$$-H'\sin(\zeta'-\eta) = -H\sin\zeta - \int\int \frac{bd}{(ab)^3}\xi'\,dm\,dm', \quad -H'\sin(\zeta'+\eta) = -H\sin\zeta - \int\int \frac{b'd'}{(ab)^3}\xi'\,dm\,dm'$$

Aus der Figur entnimmt man leicht, dass:

$$(20)\begin{cases} a'd &= a_0\cos\varepsilon + \xi\sin\psi\cos(\alpha-\beta-\varepsilon) - \xi'\cos(\zeta'-\eta) \\ a'd' &= a_0\cos\varepsilon + \xi\sin\psi\cos(\alpha-\beta-\varepsilon) - \xi'\cos(\zeta'+\eta) \\ b\,d &= a_0\sin\varepsilon - \xi\sin\psi\sin(\alpha-\beta-\varepsilon) + \xi'\sin(\zeta'-\eta) \\ b'd' &= a_0\sin\varepsilon - \xi\sin\psi\sin(\alpha-\beta-\varepsilon) + \xi'\sin(\zeta'+\eta) \\ (ab)^2 &= e_0^2+\xi^2+\xi'^2+2f_0\cos\psi+2a_0\xi\sin\psi\cos(\alpha-\beta)-2a_0\xi'\cos(\zeta'+\varepsilon-\eta)-2\xi\xi'\sin\psi\cos[\zeta'-(\alpha-\beta-\varepsilon)-\eta] \\ (ab')^2 &= e_0^2+\xi^2+\xi'+2f_0\cos\psi+2a_0\xi\sin\psi\cos(\alpha-\beta)-2a_0\xi'\cos(\zeta'+\varepsilon+\eta)-2\xi\xi'\sin\psi\cos[\zeta'-(\alpha-\beta-\varepsilon)+\eta] \end{cases}$$

Vergleicht man diese Ausdrücke mit denen von (11), so sieht man, dass dieselben aus den letzteren erhalten werden, wenn man dort $b_0 = 0$ und $\zeta' \mp \eta$ anstatt ζ', oder richtiger $\delta \pm \eta$ anstatt δ einsetzt, da $\zeta' = \zeta - \delta$ ist. Hieraus ergiebt sich, dass die Entwickelungen und demnach auch das Resultat, mit dieser einen Modifikation, dasselbe sein muss, wie das aus den Gleichungen (1) bis (9) folgende. Macht man daher in (9) die Substitution $\delta \pm \eta$ anstatt δ, so erhält man zwei Ausdrücke für $\sin(\delta+\eta)$ und für $\sin(\delta-\eta)$, deren Zusammenfassung ergiebt:

$$\cos\eta\sin\delta = A\cos\eta + B\cos 3\eta$$

wenn wir wieder, wie in Formel (18), in A die semizirkularen und die quadrantalen Hauptglieder, in B die sekundären quadrantalen, sextantalen und oktantalen Glieder zusammenfassen; für $\eta = \gamma$ werden beide Ausdrücke identisch. Wir gelangen also auch hier zu dem Resultat, dass die sextantalen und oktantalen Glieder der Deviation wegfallen, wenn $\cos 3\eta = 0$ oder $\eta = 30°$ ist.

In dieser ganzen Deduktion liegt demnach, soweit sie geht, eine Bestätigung für die Zulässigkeit der Annahme von Vital, dass man die diametralen Pole als zu einer und derselben Nadel gehörig kombiniren dürfe, aber dies gilt nur unter der Voraussetzung, dass der Eisenstab unter dem alleinigen Einflusse des Erdmagnetismus steht. Induziren die Nadeln selbst ein magnetisches Moment in dem Stabe, so ist es nicht mehr zulässig, die Pole paralleler Nadeln so zu kombiniren, als wenn sie sich unter einem Winkel kreuzten. Denn wenn man in (19) die Substitution $\zeta' \mp \eta$ für ζ' macht (nachdem $b_0 = 0$ gesetzt worden ist) und die Deviation ableitet, so wird man leicht übersehen, dass die von der Länge der Nadeln abhängigen Glieder, soweit sie quadrantaler und oktantaler Art sind, die Form

$$B'\cos 2\eta + B''\cos 4\eta$$

haben, worin B' die sekundären quadrantalen und B'' die oktantalen Glieder umfasst. Erstere verschwinden, wenn $\eta = 45°$, letztere, wenn $\eta = 22°5$ ist. In dem vorigen Abschnitt II wurde aber gezeigt, dass bei parallelen Nadeln die von ihrer Induktion herrührenden Glieder die Form $(B'+B'')\cos 3\eta$ haben und daher für $\eta = 30°$ verschwinden.

Es ist demnach ein charakteristischer Unterschied zwischen der Wirkung der Anordnung der Nadeln in beiden Fällen vorhanden, welcher es ausschliesst, dass man bei Entwickelung der Formel für die Deviation die parallelen Nadeln durch sich kreuzende ersetzt denken könne, sobald man auch auf die Induktion der Nadeln Rücksicht zu nehmen hat. Die hierauf gegründeten Folgerungen des Herrn Vital sind daher in ihrer Anwendung auf die gewöhnliche Form der Kompassrose mit parallelen Nadeln nicht annehmbar. Dass

Digitized by Google

trotzdem eine mit vier parallelen, unter den von Herrn Vital verlangten Winkeln von 7°5 und 52°5 angebrachten Nadeln versehene Rose die sextantalen und oktantalen Glieder kompensirt, hat seinen Grund darin, dass die Winkel symmetrisch zu 30° liegen, was bei parallelen Nadeln, deren Enden auf dem Umfange eines Kreises liegen, wie noch gezeigt werden wird, die nothwendige und genügende Bedingung zur Ausschliessung der fraglichen Glieder ist. Für diesen speziellen Fall fallen daher beide Ergebnisse zusammen, der Unterschied besteht aber darin, dass zwei gekreuzte Nadelpaare nur bei dieser Anordnung die sextantalen und oktantalen Glieder ausschliessen, während es für parallele Nadeln ausserdem noch eine beliebige Anzahl anderer Anordnungen giebt, bei denen dies der Fall ist.

IV. Anwendung der vorhergehenden Theorie auf die Konstruktion von Kompassrosen.

Es erübrigt noch, einige Worte über die Anwendung des Ergebnisses der vorhergehenden Untersuchung auf die Konstruktion von Kompassrosen hinzuzufügen. Es können den im Vorhergehenden gemachten Annahmen zufolge mehrere Prinzipien zur Anwendung kommen, von denen aber wohl nur eins sich für die Konstruktion von Rosen als zweckmässig erweisen dürfte und auch bei den heute gebräuchlichen Rosen allgemeine Anwendung findet, nämlich verschieden lange Nadeln so anzuordnen, dass ihre Enden (genauer ihre Pole) auf der Peripherie eines mit der Rosen-Zeichnung konzentrischen Kreises liegen. Dieses Prinzip werden wir daher zuerst und am ausführlichsten behandeln. Ein anderes mit Erfolg verwendetes Konstruktions-Prinzip werden wir unten näher darlegen.

1) Die Pole der parallelen Nadeln liegen auf dem Umfange eines Kreises.

a) Rose mit zwei Nadeln. Dieser Fall ist ausführlich unter I. und II. behandelt worden mit dem Ergebnisse, dass die sextantalen und oktantalen Glieder der Deviationsformel verschwinden, wenn $l^2 - 3b_0^2 = 0$ oder $\cos 3\gamma = 0$ oder $\gamma = 30°$ ist.

Dieser Regel entsprechend sind die beiden gleich langen Nadeln auf beiden Seiten des Hütchens parallel der Nord-Süd-Linie der Rose so anzubringen, dass eine von dem Pol jeder Nadel nach dem Hütchen gezogene Linie mit der Nord-Süd-Linie der Rose einen Winkel von 30° bildet (was nachher kurz mit „im Winkelabstand von 30°“ ausgedrückt werden soll). Da der Abstand der Pole eines Magnets von einander 0.8 seiner Länge beträgt, so liegen die Pole um 0.1 der Länge von den Enden entfernt.

b) Rose mit mehr als zwei Nadeln. Nehmen wir zuerst eine Rose mit zwei Nadeln an, so ist für diese nach (18)

$$\cos\gamma \sin\delta = A\cos\gamma + B\cos 3\gamma$$

Für eine an demselben Platz befindliche Rose, deren Winkelabstand γ' ist, kann ebenso gesetzt werden:

$$\cos\gamma' \sin\delta' = A\cos\gamma' + B\cos 3\gamma'$$

A und B, welche nur von der Lage der ablenkenden magnetischen Massen zum Kompass abhängen, sind, da die zweite Rose sich an demselben Platz befindet, wie die erste, gleich und δ' kann ohne Fehler $= \delta$ gesetzt werden, sodass wir, wenn beide Nadelpaare an derselben Rose befestigt sind, beide Ausdrücke zusammenfassen können in

$$(\cos\gamma + \cos\gamma')\sin\delta = A(\cos\gamma + \cos\gamma') + B(\cos 3\gamma + \cos 3\gamma')$$

Die Bedingung für das Verschwinden der sextantalen und oktantalen Glieder, welche in B zusammengefasst sind, ist daher:

$$\cos 3\gamma + \cos 3\gamma' = 0 \quad \text{oder} \quad 2\cos\frac{3}{2}(\gamma+\gamma')\cos\frac{3}{2}(\gamma-\gamma') = 0$$

Diese Bedingung ist erfüllt, wenn $\frac{3}{2}(\gamma+\gamma') = 90°$ oder $\gamma+\gamma' = 60°$ und dies ist der Fall, wenn $\gamma = 30°+x$ und $\gamma' = 30°-x$ ist, d. h. die sextantale und oktantale Deviation verschwindet bei einer mit 4 Nadeln versehenen Rose, wenn die Nadeln so angeordnet sind, dass ihr Winkelabstand vom Nord- und Südpunkt symmetrisch zu 30° ist.

Hieraus folgt, dass sowohl die gewöhnliche Rose (die deutsche Normalrose oder die englische Admiralitäts-Rose), deren Nadeln unter den Winkeln $\gamma = 45°$ und $\gamma' = 15°$ angebracht sind, als auch die Vital'sche Rose mit $\gamma = 52°5$ und $\gamma' = 7°5$ dieser Bedingung genügen.

Digitized by Google

Als Grenzfall erhält man $\gamma = 60°$ und $\gamma' = 0°$, d. h. eine Rose mit drei Nadeln: eine zentral auf der Nord-Süd-Linie und je eine seitwärts unter dem Winkelabstand von 60°.

Hat man eine Rose mit sechs Nadeln, also drei auf jeder Seite der Nord-Süd-Linie, so ist die Bedingung für das Verschwinden der sextantalen und oktantalen Glieder:

$$\cos 3\gamma + \cos 3\gamma' + \cos 3\gamma'' = 0.$$

Werden $\cos 3\gamma + \cos 3\gamma''$ zusammengefasst, so geht diese Bedingung über in:

$$2 \cos \frac{3}{2}(\gamma+\gamma'') \cos \frac{3}{2}(\gamma-\gamma'') + \cos 3\gamma' = 0.$$

Die betreffenden Glieder verschwinden demnach, wenn gleichzeitig:

$$\cos \frac{3}{2}(\gamma+\gamma'') = 0 \quad \text{und} \quad \cos 3\gamma' = 0$$

d. h. wenn $\gamma+\gamma'' = 60°$ und $\gamma' = 30°$ ist. Dies entspricht einer Rose, bei welcher die mittlere der drei Nadeln auf jeder Seite im Winkelabstand von 30° angebracht ist und die beiden andern symmetrisch auf beiden Seiten von dieser liegen. Auch hier giebt es einen Grenzfall von 5 Nadeln, bei dem eine Nadel auf der Nord-Süd-Linie liegt, eine im Winkelabstand von 30° und eine im Abstand von 60° auf jeder Seite der genannten Linie angebracht ist.

Endlich sei noch eine Rose von 8 Nadeln, wie sie z. B. bei der Thomson'schen Rose zur Verwendung kommen, behandelt. Die Bedingungs-Gleichung ist:

$$\cos 3\gamma + \cos 3\gamma' + \cos 3\gamma'' + \cos 3\gamma''' = 0$$

oder:

$$2 \cos \frac{3}{2}(\gamma+\gamma''') \cos \frac{3}{2}(\gamma-\gamma''') + 2 \cos \frac{3}{2}(\gamma'+\gamma'') \cos \frac{3}{2}(\gamma'-\gamma'') = 0$$

welche erfüllt wird, wenn gleichzeitig $\gamma+\gamma''' = 60°$ und $\gamma'+\gamma'' = 60°$, oder wenn $\gamma = 30°+x$, $\gamma''' = 30°-x$, $\gamma' = 30°+y$, $\gamma'' = 30°-y$ ist, oder wenn die Winkelabstände der Nadeln symmetrisch zu 30° gewählt werden. Eine solche Rose würde z. B. sein: $\gamma = 45°$, $\gamma' = 35°$, $\gamma'' = 25°$ und $\gamma''' = 15°$, was ungefähr den Winkelabständen bei der Thomson'schen Rose entsprechen dürfte.

Nach dem Vorhergehenden kann man daher allgemein sagen, dass die nothwendige und hinreichende Bedingung für den Ausschluss der sextantalen und oktantalen Deviation durch die Anordnung der Nadeln, deren Pole auf dem Umfange eines Kreises liegen, die ist, dass ihre Winkelabstände symmetrisch zu 30° sein müssen.

Andere Konstruktions-Prinzipien würden folgende sein, die aber nur kurz angedeutet werden sollen, da sie nur geringe praktische Bedeutung haben dürften.

2) Die Pole der Nadel liegen in geraden Linien im Winkelabstand von 30° vom Nord- und Südpunkt der Rose.

Da jedes Paar Nadeln für sich die Bedingung, dass die Verbindungslinie Pol—Hütchen den Winkel 30° mit der Nord-Süd-Linie der Rose bilden soll, erfüllt, so wird dieselbe auch von beliebig vielen Nadelpaaren, die in der angegebenen Weise angeordnet sind, erfüllt werden. Diese Anordnung hat natürlich zur Folge, dass die Nadeln nach aussen hin grösser werden, während sie bei dem unter 1) behandelten Prinzip nach aussen hin an Grösse abnehmen.

3) Die Länge sämtlicher Nadeln soll die gleiche sein. Die Bedingung für den Ausschluss der sextantalen und oktantalen Glieder ist für zwei Nadelpaare:

$$l^2 - 3b_0^2 + l^2 - 3b_0'^2 = 0$$

woraus folgt:

$$l^2 = \frac{3}{2}(b_0^2+b_0'^2)$$

Digitized by Google

Wählt man z. B. $b_0 = 4$ cm, $b_0' = 8$ cm, so wird $l = 11$ cm und die Länge der Nadeln muss gleich $\frac{22}{0.8} = 27.5$ cm sein.

Für 3 Nadelpaare wird $l^2 = b_0^2 + b_0'^2 + b_0''^2$. Ist z. B. $b_0 = 2$ cm, $b_0' = 4$ cm und $b_0'' = 6$ cm, so wird $l = 7.5$ cm und die Länge der Nadel $= \frac{15}{0.8} = 18.8$ cm.

4) Gekreuzte Nadeln. Diesen Fall haben wir oben unter III behandelt und gezeigt, dass die sextantalen und die von der Erdinduktion herrührenden oktantalen Glieder verschwinden, wenn $3\eta = 0$ ist, während die von der Induktion der Nadeln selbst hervorgebrachten oktantalen Glieder $\cos 4\eta = 0$ verlangen. Es ergiebt sich demnach, dass, wenn beiden Bedingungen gleichzeitig genügt werden soll, zwei Nadelpaare vorhanden sein müssen, die so angeordnet sind, dass einerseits:

$$\cos 3\eta + \cos 3\eta' = 2\cos\frac{3}{2}(\eta+\eta')\cos\frac{3}{2}(\eta-\eta') = 0$$

und andererseits:

$$\cos 4\eta + \cos 4\eta' = 2\cos 2(\eta+\eta')\cos 2(\eta-\eta') = 0$$

ist. Mit Hrn. Vital setzt man in diesem Falle zweckmässig $\eta+\eta' = 60°$ und $\eta-\eta' = 45°$, woraus $\eta = 52°5$ und $\eta' = 7°5$ folgt, die Winkel, welche Herr Vital bei seiner Rose angewendet hat.

Während die vorstehend unter 2) bis 4) behandelten Konstruktions-Prinzipien kaum eine praktische Bedeutung haben, ist durch den Mechaniker Hechelmann in Hamburg mit sehr gutem Erfolge ein anderes Konstruktions-Prinzip angewendet worden, welches noch kurz behandelt werden muss.

5) Die Hechelmann'sche Rose enthält, wie die Thomson'sche Rose, 8 kleine gleich lange Nadeln, vier auf jeder Seite der Nord-Süd-Linie, die aber nicht, wie bei dieser, neben einander so angeordnet sind, dass die Ost-West-Linie alle Nadeln halbirt, sondern es sind 4 Nadeln in der Nord-Hälfte und 4 in der Süd-Hälfte der Rose so angebracht, dass sie zu je zweien in der Verlängerung zu einander liegen. Schematisch wird diese Anordnung durch die Figur 5 angedeutet: *NS* ist die Nord-Süd-Linie der Rose und *ns* die 8 Nadeln.

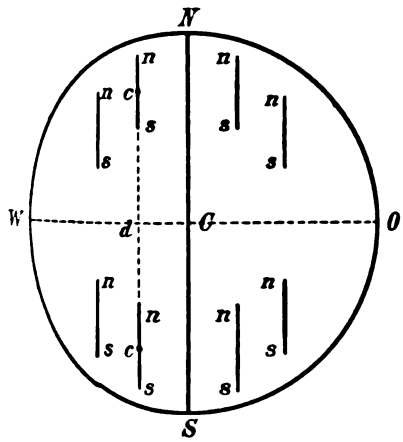


Fig. 5.

Die Theorie dieser Rose mit 4 Nadeln erhält man, wenn man in (11) $\xi' \pm c_0$ anstatt ξ' setzt, worin c_0 den Abstand cd der Mitte der Nadeln von der Ost-West-Linie bezeichnet. Werden die Ausdrücke für die Kraft-Komponenten x, y, z mit dieser Ergänzung entwickelt, so erhält man dieselben Formeln (1)+(12), (2)+(13) und (3)+(14) wie vorher, jedoch mit dem Unterschiede, dass in denselben $l^2 + 3c_0^2$ anstatt l^2 zu setzen ist, da sich der Faktor von c_0^2 als das dreifache desjenigen von l^2 herausstellt, während die ungeraden Potenzen von c_0 wegfallen.

Die Bedingung für das Verschwinden der sextantalen und oktantalen Glieder der Deviationsformel ist demnach bei Anwendung von 4 gleichen Nadeln:

(21) ..... $l^2 + 3c_0^2 - 3b_0^2 = 0$

und bei Verwendung von 8 Nadeln, die paarweise gleich lang sind:

(22) ..... $l^2 + 3c_0^2 - 3b_0^2 + l'^2 + 3c_0'^2 - 3b_0'^2 = 0.$

Eine allgemein gültige Regel für die Anordnung der Nadeln, wie wir sie unter 1) gefunden haben, lässt sich demnach für die Hechelmann'sche Rose nicht aufstellen, man kann vielmehr bei 4 Nadeln über 2 und bei 8 Nadeln über 5 Grössen willkürlich verfügen und die dritte bezw. sechste aus den obigen Gleichungen bestimmen.

Digitized by Google

V. Experimentelle Prüfung der Theorie.

Um die im Vorhergehenden dargelegte Theorie zu prüfen, wurde ein dem Observatorium gehörender Normalkompass, dessen kardanische Aufhängung auf ein Holzstativ drehbar aufgesetzt werden konnte, so eingerichtet, dass derselbe als Deviationsmodell dienen konnte. Dazu war nichts weiter nöthig, als an dem Bügel der kardanischen Aufhängung jederseits ein kurzes Rohrstück, in welches ein weicher Eisenstab in Höhe der Kompassrose eingesteckt und befestigt werden konnte und einen um ca. 40° nach jeder Seite drehbaren Bügel mit horizontaler Rinne zur Aufnahme eines Stahlmagnets anzubringen. Ausserdem wurden eine Anzahl von Klammern angefertigt, die über die Nadeln (Lamellen) der Kompassrose gestreift und deren verbreiterter Fuss unter den Ring eingeschoben werden konnte, an dem die Magnetnadeln der zum Kompass gehörigen Rose befestigt sind, um mit ihrer Hülfe leicht Kompassrosen von verschiedener Zusammensetzung herstellen zu können. Zur Herstellung einer Vital'schen Rose war es endlich nöthig, zwei Nadeln von bestimmter Länge anfertigen zu lassen, weil die Nadeln der vorhandenen beiden Rosen dafür nicht passten.

Der Bügel der kardanischen Aufhängung wurde auf den Zapfen des Holzstativs, welcher mit Hülfe einer Dosenlibelle so gut wie möglich vertikal gemacht wurde, aufgesetzt, sodass der Kompass mit den ablenkenden Eisen- und Stahlstäben um diese Vertikal-Axe wie an Bord eines Schiffes gedreht werden konnte, wobei ein bestimmter Steuerstrich die Mittschiffslinie repräsentirte. Als Peilobjekt diente der Dachreiter der katholischen Garnisonkirche, welcher ungefähr 1 Kilometer von dem Beobachtungsorte entfernt ist.

Zur Herstellung der Deviation dienten 1) ein kleiner Stahlmagnet von 8.0 cm Länge, 0.8 cm Breite und 0.45 cm Dicke, welcher in einer Entfernung von 26.5 cm von der Mitte der Rose bis zur Mitte des Stabes, mit dem Nordende der Rose zugewendet, in der oben erwähnten Rinne befestigt wurde, und 2) zwei zylindrische weiche Eisenstäbe von 20.9 cm Länge und 2.0 cm Durchmesser, deren Mitten jederseits in einem Abstande von 31.0 cm von der Mitte der Rose sich befanden und die in den Röhrenstücken festgeklemmt wurden. Der Ablenkungsmagnet wurde so befestigt, dass seine Axe bei Kurs N und S annähernd senkrecht zum magnetischen Meridian lag, während gleichzeitig die Axen der weichen Eisenstäbe Nord-Süd zeigten. Diese Verhältnisse wurden bei jeder Beobachtung thunlichst genau wieder hergestellt.

Die Rosen, mit welchen die nachstehend mitgetheilten Beobachtungen angestellt worden sind, deren Blatt einen Durchmesser von 20 cm hatte, waren folgendermaassen zusammengesetzt:

Rose A: Zwei Nadeln (Lamellen), je 18.5 cm lang und 1.3 cm breit, beiderseits so nahe wie möglich an das Hütchen herangeschoben: Abstand der Nadeln von einander = 2.25 cm.

Rose B: Normalrose der Kaiserlichen Marine: 4 Nadeln im Winkelabstand (der Enden, nicht der Pole) von 15° und 45° von der Nord-Süd-Linie. Länge der grossen Nadeln 18.0 cm, der kleineren 12.7 cm, Breite beider 1.3 cm.

Rose C: Zwei Nadeln in 30° Winkelabstand (der Pole) von der Nord-Süd-Linie. Länge der Nadeln 13.5 cm. Breite 1.3 cm.

Rose D: Vital'sche Rose: 4 Nadeln im Winkelabstand (der Pole) von 7°5 und 52°5 von der Nord-Süd-Linie. Länge der grossen Nadeln 18.0 cm, der kleineren 11.1 cm, Breite beider 1.3 cm.

Mit diesen Rosen wurden die Beobachtungen in folgender Weise gemacht. Vor Anbringung und nach Wegnahme des ablenkenden Magnets und der Eisenstäbe wurde die magnetische Peilung des anvisirten Objektes festgestellt, welche von den Kompasspeilungen desselben Objekts bei den verschiedenen Kursen abgezogen wurden, um die hervorgebrachte Deviation zu erhalten. Die Kompass-Kurse wurden erhalten durch Drehung der kardanischen Aufhängung mit den ablenkenden Massen, wobei durch Klopfen an dem Gehänge dafür gesorgt wurde, dass die Reibung der Rose an der Pinne völlig überwunden wurde. Durch Festklemmen des Gehänges an dem vertikalen Zapfen wurde eine zufällige Drehung während der Einstellung der Peilvorrichtung ausgeschlossen. Da somit mit aller Vorsicht verfahren wurde, dürfen die Beobachtungen wohl als ausreichend genau angesehen werden. Bei Ablesung der von 20′ zu 20′ getheilten Rose wurden 5′ schätzungsweise abgelesen.

Beobachtungen wurden folgende gemacht:

Digitized by Google

I. Rose *A*, Ablenkung nur durch die weichen Eisenstäbe.
II. Rose *A*, Ablenkung durch Eisenstäbe und den Ablenkungsstab.
III. Rose *B*, Ablenkung wie bei II.
IV. Rose *C*, Ablenkung wie bei II.
IVa. Rose *C*, Wiederholt, weil die Rose nicht ganz korrekt hergestellt war.
V. Rose *D*, Ablenkung wie bei II.
Va. Rose *D*, Die kleinen Nadeln etwas stärker magnetisirt.

Die nachstehende Tabelle ergiebt die beobachteten Deviationen und die aus diesen abgeleiteten Deviationsformeln.

Kompass-Kurs	Dev.: I Rose: *A*	II *A*	III *B*	IV *C*	IVa *C*	V *D*	Va *D*	Kompass-Kurs	Dev.: I Rose: *A*	II *A*	III *B*	IV *C*	IVa *C*	V *D*	Va *D*
N	−0° 5′	+3°25′	+4° 10′	+4°30′	+4°50′	+4° 15′	+3°55′	S	−0°40′	−4° 0′	−5°50′	−5°10′	−4°40′	−5°40′	−6° 15′
NzO	+2 30	+6 5	+4 50	+4 50	+5 20	+5 10	+5 10	SzW	+1 10	−2 35	−4 50	−4 0	−3 45	−4 0	−5 0
NNO	+4 20	+7 40	+5 10	+5 10	+5 40	+5 10	+5 15	SSW	+2 10	−1 50	−4 0	−3 0	−2 40	−2 35	−3 45
NOzN	+4 30	+8 20	+5 25	+5 0	+5 15	+5 20	+5 20	SWzS	+2 0	−2 20	−2 10	−1 55	−1 25	−1 25	−3 0
NO	+3 40	+8 40	+4 40	+3 40	+4 10	+5 10	+4 50	SW	+1 40	−2 40	−0 35	−1 0	−0 45	−0 20	−2 5
NOzO	+3 5	+6 50	+3 35	+2 30	+3 10	+4 10	+3 55	SWzW	+0 35	−3 40	+0 25	−0 20	−0 15	+0 35	−1 45
ONO	+2 10	+5 30	+1 50	+0 20	+1 20	+2 45	+2·50	WSW	0 0	−3 35	+0 45	−0 10	+0 20	+1 15	−1 20
OzN	+1 30	+3 0	+0 40	−0 45	+0 5	+1 0	+1 10	WzS	−1 0	−2 10	+1 20	0 0	+0 30	+1 45	−0 40
O	+1 5	+0 50	−0 20	−2 35	−1 40	−0 30	−1 0	W	−1 10	−0 50	+1 50	+0 5	+0 40	+2 40	+0 20
OzS	+0 30	−2 20	−3 10	−3 50	−3 10	−2 25	−2 10	WzN	−1 40	+0 50	+1 30	+0 30	+1 0	+2 40	+0 40
OSO	−0 25	−4 10	−4 45	−5 35	−4 40	−4 0	−3 45	WNW	−2 20	+1 50	+1 40	+1 10	+1 25	+3 0	+0 20
SOzO	−1 0	−5 5	−5 40	−6 35	−5 50	−5 20	−5 30	NWzW	−3 5	+1 20	+1 45	+1 40	+2 10	+2 50	+0 35
SO	−1 50	−5 55	−6 30	−7 0	−6 40	−6 30	−6 20	NW	−3 55	+0 50	+2 0	+2 20	+2 40	+2 40	+1 0
SOzS	−2 20	−6 25	−7 35	−7 20	−6 40	−7 10	−7 0	NWzN	−4 20	−0 30	+2 45	+2 50	+3 10	+2 40	+1 25
SSO	−2 40	−6 0	−7 25	−7 19	−6 35	−7 30	−7 30	NNW	−3 50	−0 30	+4 10	+3 30	+3 50	+2 45	+2 0
SzO	−1 40	−5 20	−6 10	−6 0	−5 30	−6 55	−7 5	NzW	−3 10	+0 40	+4 25	+4 10	+4 20	+3 25	+3 0

Diese Beobachtungen werden dargestellt durch folgende Deviationsformeln:

I: $\delta = -0°\ 8'.0 + 1°\ 21'.2 \sin\zeta' + 0°\ 8'.0 \cos\zeta' + 2°\ 26'.2 \sin 2\zeta' - 0°\ 2'.4 \cos 2\zeta' + 0°\ 19'.3 \sin 3\zeta' - 0°\ 0'.1 \cos 3\zeta' + 1°\ 2'.8 \sin 4\zeta' - 0°\ 4'.9 \cos 4\zeta'$

II: $-0\ 7.7 + 1\ 6.8 + 4\ 56.3 + 2\ 49.3 - 0\ 5.1 + 0\ 34.9 - 1\ 35.2 + 1\ 1.7 - 0\ 6.5$

III: $-0\ 11.4 - 1\ 18.1 + 5\ 11.9 + 2\ 2.1 - 0\ 25.8 + 0\ 0.2 + 0\ 7.6 - 0\ 9.3 + 0\ 1.2$

IV: $-0\ 37.8 - 1\ 25.4 + 4\ 57.9 + 1\ 53.6 + 0\ 26.8 - 0\ 9.5 - 0\ 0.4 + 0\ 6.2 - 0\ 6.8$

IVa: $-0\ 8.1 - 1\ 19.4 + 4\ 56.1 + 1\ 52.2 + 0\ 17.8 - 0\ 5.1 - 0\ 2.8 + 0\ 5.1 - 0\ 2.9$

V: $+0\ 10.2 - 1\ 27.3 + 5\ 1.7 + 2\ 9.8 - 0\ 50.9 + 0\ 2.4 - 0\ 8.9 + 0\ 17.6 - 0\ 3.6$

Va: $-0\ 41.0 - 0\ 11\ 6 + 5\ 6.6 + 2\ 2.9 - 0\ 22.6 + 0\ 4.8 - 0\ 3.9 + 0\ 15.9 + 0\ 1.3$

Hierzu sind folgende Bemerkungen zu machen.

Zu I. Der Umstand, dass der Koeffizient von $\sin\zeta'$ den ziemlich hohen Betrag von 1°21′.1 erreicht, lässt darauf schliessen, dass die weichen Eisenstäbe auch etwas permanenten Magnetismus besessen haben, welcher auch das sextantale Glied $+0°19'.3 \sin 3\zeta'$ erklären würde. Das oktantale Glied $+1°2'.8 \sin 4\zeta'$ ist in Anbetracht des nur wenig grösseren quadrantalen Gliedes $+2°26'.2 \sin 2\zeta'$ sehr gross, was jedenfalls der starken Induktion durch die Nadeln zuzuschreiben ist, da die nächsten Enden der Eisenstäbe nur 11.3 cm von den Enden der Nadeln entfernt waren, wenn die Axen beider zusammenfielen.

Zu II. Die Anbringung des Ablenkungsmagnets erzeugt ein semizirkulares Glied $= +4°56'.3 \cos\zeta'$ und ein sextantales $= -1°35'.2 \cos 3\zeta'$. Die mit $\sin\zeta'$ resp. $\sin 3\zeta'$ multiplizirten Glieder der Formel I werden etwas modifizirt, da die Axe des Magnets nicht genau nach der Mitte der Rose gerichtet war, sodass ein kleines mit $\sin\zeta'$ resp. $\sin 3\zeta'$ multiplizirtes Glied entstehen musste. Die anderen Koeffizienten sind nahezu dieselben wie bei I.

Zu III bis Va. Während die Beobachtungen I und II zeigen sollten, welche Beträge der sextantalen und oktantalen Glieder hervorgebracht werden bei einer Rose, die so nahe wie möglich einer solchen mit nur einer Nadel gleichwerthig ist, sollen die folgenden Beobachtungen dazu dienen, die vorstehend ent-

Digitized by Google

wickelte Theorie, dass durch bestimmte Anordnung der Nadeln die sextantale und oktantale Deviation kompensirt werden könne, zu prüfen. Dieselben zeigen, dass dies in der That der Fall ist. Wenn auch die sextantalen und oktantalen Glieder nicht ganz verschwunden sind, so sind sie doch in III, IV und IVa so klein, dass sie für die Praxis als ganz = 0 angesehen werden können, da sie geringer sind, als der für den Beobachtungsfehler der Peilung aller Wahrscheinlichkeit nach anzunehmende Betrag, welcher auf etwa 5′—10′ veranschlagt werden kann.

Bemerkenswerth ist der Zeichenwechsel der Koeffizienten bei den Beobachtungen III (Normalrose). Die Nadeln dieser Rose sind so angeordnet, dass ihre Enden (nicht, wie die Theorie verlangt, die Pole) in den Winkelabständen von 15° und 45° von der Nord-Süd-Linie entfernt liegen. Hierdurch wird bewirkt, dass die Pole im Winkelabstande von 18°5 bezw. 51°5 von der Nord-Süd-Linie entfernt sind. Diese Winkelabstände sind daher beträchtlich grösser, als sie theoretisch sein sollten und es ist deshalb, da $\frac{3}{2}(\gamma+\gamma') = 105°$ und nicht wie es sein sollte = 90° ist, ein Zeichenwechsel der sextantalen und oktantalen Glieder zu erwarten, wie er sich thatsächlich durch die Beobachtung ergeben hat.

Die Aenderung der Rose, welche vor der Beobachtung IVa vorgenommen wurde, hat im wesentlichen nur das konstante Glied beeinflusst. Was die in IV, IVa, V und Va noch vorhandenen, allerdings nur kleinen, sextantalen und oktantalen Glieder anlangt, so deutet die Gleichheit ihres Vorzeichens mit dem der entsprechenden Glieder in II an, dass dieselben nicht als zufällig anzusehen sind, sondern dass ihnen eine reelle Bedeutung zukommt und es fragt sich nun, welcher Ursache dieselben ihre Entstehung verdanken können. Man kann dabei an die ungleichmässige Induktion in den Eisenstäben durch die Nadeln denken, in Folge deren das den Nadeln nächste Ende stärker magnetisch wird, als das abgewendete; dadurch würden aber nur die oktantalen, nicht aber die sextantalen Glieder erklärt werden. Man darf aber wohl dieser Ursache den ziemlich grossen Betrag der oktantalen Glieder in V und Va zuschreiben, da dieser Einfluss, wegen der Länge der Nadeln, sich ganz besonders bei der Rose *D* geltend machen muss. Wahrscheinlich wirkt aber auch der folgende Umstand mit, der auf beide Arten von Gliedern seinen Einfluss äussern würde. Bei der Konstruktion der Rosen *C* und *D* ist als Poldistanz der Nadeln der Werth 0.8 ihrer Länge zu Grunde gelegt worden; dies ist aber ohne Zweifel zu klein (0.81 bis 0.815 wäre richtiger gewesen) und in Folge dessen sind die Winkel γ und γ' kleiner geworden, als sie eigentlich sein sollten. Da nun, wie oben gezeigt, die sextantalen und oktantalen Glieder verschwinden, wenn 3γ (Rose *C*) resp. $\frac{3}{2}(\gamma+\gamma')$ (Rose *D*) = 90° ist, diese Winkel aber im gegenwärtigen Falle $<90°$ sind, so hat ihr *cosinus* einen kleinen positiven Werth und es bleibt ein kleiner Theil der in II gefundenen Beträge der fraglichen Glieder unkompensirt zurück. Eine analoge Erwägung war auch der Grund, weswegen die kleinen Nadeln der Rose *D* neu magnetisirt wurden. Da nämlich Verf. d. nachgewiesen hat, dass das Verhältniss $\frac{\text{Poldistanz}}{\text{Länge}}$ in geringem Grade von dem magnetischen Moment des betreffenden Magnets abhängig und zwar für stärkeren Magnetismus kleiner ist, als für schwächeren, so war immerhin die Möglichkeit vorhanden, dass eine Verstärkung der ziemlich schwach magnetischen kleinen Nadeln eine Verringerung der betreffenden Glieder zur Folge haben könnte, da eine solche das Verhältniss zwischen Poldistanz und Länge dem bei der Konstruktion angenommenen näher liegen musste. In der That zeigt ein Vergleich der Formeln V und Va, dass die Beträge der sextantalen und oktantalen Glieder eine kleine Verringerung in annähernd dem zu erwartenden Betrage erfahren haben, was ohne Zweifel noch mehr in die Erscheinung getreten wäre, wenn auch die grossen Nadeln neu magnetisirt worden wären, was leider unterblieben ist.

Eine Hechelmann'sche Rose zu prüfen hatte der Verf. keine Gelegenheit, auch wäre es wegen der Grösse, in der diese Rosen hergestellt werden (250 mm) nicht möglich gewesen, eine solche in dem Kompasskessel, der nur die Aufnahme von 200 mm-Rosen gestattete, unterzubringen. Dagegen erhielt ich durch Vermittelung des Herrn Admiralitätsrath Koldewey die nachstehenden Abmessungen einer Hechelmann'schen Rose, durch welche es möglich wird, zu ermitteln, ob dieselbe der Gleichung (22) entspricht.

Es ist: Länge der Nadeln = 62 mm, also $l = 0.4\times62 = 24.8$ mm, $c_0 = 82.0$ mm, $c_0' = 44.5$ mm, $b_0 = 36.0$ mm, $b_0' = 90.0$ mm, daher nach (22):

$$2l^2+3c_0^2+3c_0'^2-3b_0^2-3b_0'^2 = 27342.83-28188.00 = -845.17$$

Digitized by Google

woraus folgt, dass die Bedingung für die Aufhebung der sextantalen und oktantalen Glieder sehr nahe erfüllt ist. Dies wird noch deutlicher, wenn man den Werth von b'_0 ableitet, durch welchen die Bedingung vollkommen erfüllt werden würde. Es ergiebt sich nämlich $b'_0 = 88.4$ mm oder nur 1.6 mm kleiner, als der angenommene Werth von 90 mm.

Da Herr Hechelmann seine Konstruktion auf experimentellem Wege ermittelt hat, so kann diese nahe Uebereinstimmung auch zugleich als ein Zeugniss für die Richtigkeit der theoretisch gefundenen Bedingungs-Gleichung (22) dienen.

Das Schlussergebniss der vorstehenden Untersuchungen ist demnach in Uebereinstimmung mit dem von Archibald Smith und Kapitän Evans gefundenen, dass die Normalrose (englische Admiralitätsrose) die Bedingung für die Ausschliessung der sextantalen und oktantalen Glieder der Deviationsformel sehr wohl erfüllt, dass es aber ausser dieser noch eine beliebige Anzahl anderer Konstruktionen giebt, darunter die von Vital vorgeschlagene und die Hechelmann'sche Rose, welche diese Bedingung ebenfalls erfüllen. Bezüglich der Normalrose wäre noch zu erwähnen, dass dieselbe zwar, vom rein theoretischen Standpunkte aus betrachtet, nicht ganz richtig konstruirt ist, weil die Enden der Nadeln und nicht die Pole in den theoretisch verlangten Winkelabständen (15° und 45°) von der Nord-Süd-Linie liegen, dass aber kaum ein Anlass vorliegt, die Konstruktion zu ändern, da auf alle Fälle dadurch nur ein ganz geringer Fehler hervorgerufen werden kann.

Digitized by Google

Digitized by Google

AUS DEM
ARCHIV DER DEUTSCHEN SEEWARTE.
XXV. Jahrgang 1902.
Herausgegeben von der Direktion der Seewarte

No. 2.

Ueber eine neue „kimmfreie" astronomische Standlinie.

Von

Dr. phil. **Carl W. Wirtz,**
Observator der Kaiserlichen Sternwarte in Strassburg i. E.

Mit 2 im Texte gegebenen Figuren.

HAMBURG 1902.
Gedruckt bei Hammerich & Lesser in Altona.

Digitized by Google

Digitized by Google

No. 2.

Ueber eine neue „kimmfreie" astronomische Standlinie.

Von Dr. phil. **Carl W. Wirtz,**
Observator der Kaiserlichen Sternwarte in Strassburg i. E.

§ 1.

In zwei früheren Arbeiten*) sind die beiden Aufgaben behandelt: aus den Höhendifferenzen dreier Sterne eine vollständige Ortsbestimmung in die Wege zu leiten, und: eine Höhendifferenz bei bekannter Polhöhe zum Zweck einer Zeitbestimmung oder Chronometer-Kontrole auszunutzen. Um die Entwickelung einer nur auf Höhendifferenzen gegründeten nautischen Astronomie abzuschliessen, erübrigt es noch zu zeigen, wie man, wenn weder Zeit noch Breite scharf bekannt, sondern nur ein verlässliches Chronometer zur Verfügung steht, zu einer Höhendifferenz den geometrischen Ort anzugeben vermag, auf welchem das Schiff im Moment der Beobachtung sich befunden haben muss; man hat also diejenige Kurve auf der Erdoberfläche zu untersuchen, die alle Punkte enthält, für welche zwei Sterne in einem gegebenen Augenblick den gleichen Höhenunterschied aufweisen. Während nun die analoge Frage bei der Betrachtung einer absoluten Höhe sich einfach dahin beantwortet, dass der geometrische Ort aller Punkte, an denen zu gegebener Zeit eine gegebene Höhe existire, der Sumner'sche Kreis oder die sog. Höhengleiche sei, liegen für unsere hier zu diskutirende Standlinie nicht ganz so einfache geometrische Beziehungen vor.

Auf die Vorzüge, welche die Einführung der Höhendifferenz als Beobachtungselement in instrumenteller Hinsicht darbietet, ist schon in den „Annalen etc.", Heft VII, pag. 324, ausführlich hingewiesen (vollständiger oder theilweiser Fortfall der Unsicherheiten in Augeshöhe, Indexkorrektion, Spiegel- und Fernrohrneigung, Exzentrizität, Refraktion und Theilung). Hier sei kurz die Bedeutung rekapitulirt, die ihr in der Nähe der Küste zukommt. Da gerade unter Land Anomalien der Kimm die grösste Gefahr in sich bergen und auch am häufigsten auftreten, so kann dort eine absolute Höhe eine um 10 bis 15 Seemeilen aus ihrer wahren Lage verschobene Standlinie liefern, eine Versetzung, die unter Umständen verhängnissvoll werden kann. Demgegenüber fällt aber aus einer Höhendifferenz das Hauptglied jener Kimmanomalie heraus und man erlangt somit auf diesem Wege eine von systematischen Fehlern fast freie Standlinie, ein Umstand, den ich der Kürze wegen durch die Bezeichnung der Standlinie als „kimmfrei" wiedergebe.

Eine eingehende und erschöpfende Darstellung des Charakters und Verlaufs der neuen „kimmfreien" Standlinie würde die Hülfsmittel der elementaren Mathematik übersteigen und daher hier nicht am Platze sein. Die vorliegenden Zeilen beschränken sich vielmehr darauf, zunächst (in § 2) unter Voraussetzung der streng kugelförmigen Erdfigur das allgemeine Verhalten der Kurve durch leichte geometrische Betrachtungen plausibel zu machen und durch Uebergang auf einige Spezialfälle dem Verständniss näher zu bringen. Im folgenden Paragraphen schliesst sich eine elementare Lösung an, die zeigt, wie man ein kleines Stück der

*) „Ueber ein Problem der sphärischen Astronomie und seine Bedeutung für die Nautik", Annalen der Hydrographie und maritimen Meteorologie, 1901, Heft VII (S. 323).
„Zeitbestimmung und Chronometerkontrole durch eine Höhendifferenz", ebenda, Heft VIII (S. 372).

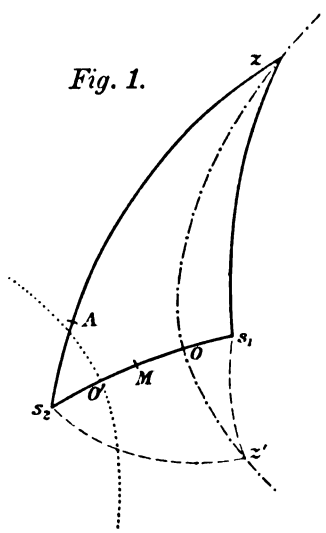
Digitized by Google

gesuchten Standlinie definirt durch Festlegung eines ihrer Punkte und ihres Azimutes in diesem Punkte und dieselbe dadurch für die Nautik verwerthbar macht. Nebenher führt uns die Entwickelung noch auf eine weitere charakteristische Eigenschaft der Standlinie. Zum Schluss (§ 4) erläutern einige Beispiele die praktische Anwendung.

§ 2.

In Fig. 1 bedeuten s_1 und s_2 die Projektionspunkte zweier Gestirne, deren Höhendifferenz beobachtet ist; z sei der Projektionspunkt des Zeniths, i. e. der Beobachtungsort selbst. Trägt man noch die kleinere Zenithdistanz zs_1 auf der grösseren zs_2 von z aus ab, so repräsentirt das Bogenstück $As_2 = \Delta h$ die gemessene Höhendifferenz, und es ist nun der Verlauf derjenigen Kurve zu studiren, auf welcher der Punkt z auf der Kugeloberfläche gleiten darf, ohne dass der Unterschied $zs_2 - zs_1 = As_2 = \Delta h$ eine Aenderung erleidet.

Fig. 1.



Bezeichnet man die sphärischen Winkel bei s_1 und s_2 bezw. mit q_1 und q_2 und den Bogenabstand $s_1 s_2$ der beiden Projektionspunkte mit D, so liest man aus dem sphärischen Dreieck für die vorgelegte Bedingung sofort die Beziehung ab:

$$\frac{\sin\frac{q_1 - q_2}{2}}{\sin\frac{q_1 + q_2}{2}} = \frac{\operatorname{tang}\frac{\Delta h}{2}}{\operatorname{tang}\frac{D}{2}} = Constans \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

Der Charakter unserer Standlinie wird wohl am verständlichsten, wenn man vorübergehend den Radius der Kugel, auf der die Kurve liegt, unendlich gross werden lässt, d. h. auf die Ebene übergeht. In dem Falle handelt es sich um den geometrischen Ort aller Punkte, für welche der absolute Unterschied der Entfernungen von zwei festen Punkten (Brennpunkten) unveränderlich ist. Die so entstehende ebene Kurve ist bekanntlich eine Hyperbel. Analog soll auf der Kugel jene Kurve geometrischer Ort sein für alle Punkte $(z, z', \ldots)$, deren im grössten Kreise gemessenen Abstände von zwei festen Punkten (den Projektionspunkten der beiden Gestirne s_1 und s_2) eine konstante absolute Differenz aufweisen. Von dieser „sphärischen Hyperbel" mögen einige für unsere praktischen Zwecke in Frage kommenden allgemeinen Eigenschaften angedeutet werden.

Zunächst erkennt man, dass auch die sphärische Hyperbel zwei getrennte symmetrische Aeste besitzt (in Fig. 1 durch eine strichpunktirte und eine feinpunktirte Linie markirt) und findet die auf dem Verbindungsbogen der Projektionspunkte s_1 und s_2 liegenden Scheitelpunkte festgelegt durch ihre Entfernung von der Bogenmitte M:

$$MO = MO' = Ms_1 - Os_1 = \frac{\Delta h}{2},$$

demnach $OO' = \Delta h$, i. e. die erste oder grosse Axe der Hyperbel, als deren Brennpunkte s_1 und s_2 angesehen werden müssen. Die Grosskreisbogen (Zenithdistanzen) zs_1 und zs_2 entsprechen den Radienvektoren der ebenen Hyperbel. Während aber letztere und auch der Sumner'sche Kreis eine Kurve repräsentirt, deren Punkte derselben Ebene angehören, gilt dies natürlich nicht mehr von unserer Hyperbel: sie ist vielmehr eine Raumkurve doppelter Krümmung und ihre Punkte müssen noch die Forderung erfüllen, dass sie alle auf der Oberfläche derselben Kugel gelegen sind. Die Aeste dieser als Schnittkurve eines Kegels zweiter Ordnung mit einer Kugel definirten sphärischen Kurve werden in ihrem Verlauf, der, wie leicht ersichtlich, in maximo nur über etwa 90° im Bogen grössten Kreises beiderseits vom Mittelpunkt M für die Nautik Interesse hat, ein Verhalten zeigen, welches es zulässt, dass wir ein kleines Stück der neuen Standlinie — und die Praxis bedarf ja nur eines solchen — mit dem gleichen Grade der Annäherung als geradlinig auffassen dürfen, wie dies bei einem linear ebenso kleinen Bogen des Sumner'schen Kreises geschah. Die Annahme wird erst dann versagen, wenn der Beobachtungsort in die Nähe des Scheitels der Hyperbel rückt, d. h. im allgemeinen, wenn die Sterne entgegengesetzt gleiches Azimut aufweisen und zugleich der eine oder beide dem Zenith sehr nahe stehen; letzteres trifft aber in gleichem Maasse für den Sumner'schen Kreis zu: sein sphärischer Radius darf eben nicht zu klein werden. Die Frage, auf welchem der beiden getrennten Aeste

Digitized by Google

der sphärischen Hyperbel sich das Schiff im Moment der Beobachtung befindet, bleibt nicht zweifelhaft. Man erkennt, dass dies nur jener Ast sein kann, der den Projektionspunkt des zenithnäheren der beiden Gestirne zum Brennpunkt besitzt. Ueber das Azimut der Standlinie lehrt noch ein Blick auf die Figur, dass dasselbe zwischen die Azimute der eingestellten Sterne fallen muss; näher werden wir den Zusammenhang später noch diskutiren.

Fassen wir schliesslich noch einige Spezialfälle genauer ins Auge, die theils für die Praxis der geographischen Ortsbestimmung, theils für die Präzisions-Astronomie von Bedeutung geworden sind. Lässt man zunächst Δh verschwinden, die Höhen also gleich werden, so artet unsere sphärisch-hyperbolische Standlinie in einen grössten Kreis aus, der senkrecht durch die Mitte M des Verbindungsbogens $s_1 s_2$ der Projektionspunkte s_1 und s_2 geht. Auf das Prinzip gleicher Höhen sind von mehreren Astronomen Methoden geographischer Orts- und Zeitbestimmung gegründet worden, zuerst wohl von Gauss, später in ausgedehntem Maasse von Döllen, Zinger und neuerdings von de Cañete del Pinar und Pjewzow,*) der u. a. die Rechnung durch umfangreiche Tafeln zu erleichtern sucht.

Stehen ferner die beiden Sterne im gleichen Azimut, so erreicht die Höhendifferenz Δh ihren grösstmöglichen Werth, sie wird bei gleichzeitiger Einstellung beider Sterne gleich ihrer Bogendistanz und die Standlinie geht wiederum über in einen grössten Kreis, der durch die beobachteten Gestirne bezw. ihre Projektionspunkte läuft. Nicht zur Standlinie gehört indes der Verbindungsbogen beider Sterne selbst, weil auf demselben der Unterschied der absoluten Höhen von Punkt zu Punkt zwischen Null und Δh variirt.

Viel wichtiger ist der folgende Fall: beide Sterne kulminiren, der eine im Nordzweige des Meridians, der andere im Südzweige. Dann gewinnt man unmittelbar und unabhängig vom Chronometer die eine Koordinate, die Breite, durch die einfache Relation

$$\varphi = \frac{\delta_1 + \delta_2 + \Delta h}{2},$$

während das zugehörige Stück der Standlinie in den Breitenparallel fällt. Auf diese Formel baut sich die Methode von Horrebow-Talcott auf, welche durch mikrometrische Messung von Δh mit einem Minimum an Rechnungsarbeit den höchsten Genauigkeitsgrad der Resultate verbindet; sie wird jetzt fast ausschliesslich angewendet, wenn es gilt, die kleinen Schwankungen der Polhöhe, die im Maximum kaum eine halbe Bogensekunde erreichen, zu studiren.

§ 3.

Wir wenden uns nun der praktischen Lösung der Aufgabe zu, die neue Standlinie zu fixiren durch einen ihrer Punkte und ihr Azimut in diesem Punkte, richtiger durch das Azimut ihrer Tangente.

Kennt man vermittelst des Chronometers in jedem Augenblick die Grennwich-Zeit, so kann man zu einer genähert nach der Besteckrechnung angenommenen Breite φ_0 aus der gemessenen Höhendifferenz die zugehörige Länge λ_0 finden, z. B. mit Hülfe der indirekten Methode, die in Heft VIII der Ann. 1901 (S. 372) zur Zeitbestimmung und Chronometer-Kontrole angegeben wurde. Bedeutet nämlich λ eine ungefähre geschätzte Länge, die der Berechnung der Höhendifferenz als Ausgangswerth diene, und zählt man östliche Längen positiv, westliche negativ, so hat man, wenn $d\Delta h$ wie früher den Unterschied der mit φ_0 und λ berechneten Höhendifferenz und der direkt beobachteten, A_1 und A_2 die Azimute der beiden Sterne darstellen, an λ die Korrektion

$$d\lambda = \frac{d\Delta h}{2} \sec\varphi \sec\frac{A_2+A_1}{2} \operatorname{cosec}\frac{A_2-A_1}{2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

anzubringen, um das gesuchte λ_0 zu erhalten. Der Erdort P_0 mit den Koordinaten φ_0 und λ_0 ist alsdann nothwendig ein Punkt der gesuchten Standlinie, der in der Nähe des wahren Schiffsortes liegt.

Das Azimut könnte nun weiter in der Weise ermittelt werden, dass man sich noch einen zweiten Punkt P_0' der Standlinie verschafft, indem man die Breite φ_0 ein weniges variirt, also eine neue Breite $\varphi_0' = \varphi_0 + d\varphi$ einführt und hierzu mit der beobachteten Höhendifferenz wie oben die zugehörige Länge λ_0' ableitet. Die Richtung der Verbindungslinie der durch φ_0, λ_0 und φ_0', λ_0' bestimmten Erdorte gäbe endlich das verlangte Azimut, und damit wäre das Stück der Standlinie, auf welchem im Moment der Beobachtung das Schiff sich befinden muss, zureichend bekannt.

*) Pjewzow, M.: „Ueber die Bestimmung der geogr. Breite durch korrespondirende Höhen zweier Sterne". Gr. 8°, 125 S. Petersburg 1900.

Digitized by Google

Die Berechnung des zweiten Ortes $P_0' = (\varphi_0', \lambda_0')$ lässt sich indes leicht umgehen, und man kann eine wesentliche Abkürzung der Rechnung dadurch erzielen, dass man sofort das Azimut der Standlinie im zuerst gefundenen Punkte $P_0 = (\varphi_0, \lambda_0)$ angiebt. Sind P_0 und P_0' in Fig. 2 die beiden erwähnten Punkte der neuen Standlinie und nehmen wir P_0' um $d\varphi$ nördlich von P_0, so finden wir für das Azimut α der Standlinie mit hinreichender Näherung den Ausdruck

$$tang\,\alpha = \frac{d\lambda . cos\,\varphi}{d\varphi} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

Die Frage nach dem Azimut α ist somit beantwortet, wenn die Grösse $d\lambda$ ermittelt ist, i. e. jener Betrag, um welchen sich λ_0 ändert, wenn die Breite eine nördliche Verschiebung um $d\varphi$ erfährt. Sodann variirt die für den Punkt P_0 mit der Breite φ_0 berechnete Höhendifferenz um

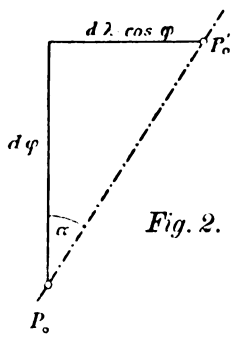


Fig. 2.

$$d\varphi\,(cos\,A_2 - cos\,A_1) = -2\,d\varphi\,sin\,\frac{A_2+A_1}{2}\,sin\,\frac{A_2-A_1}{2}$$

Mithin ist das neue, für den Ort P_0' mit der Breite $\varphi_0' = \varphi_0 + d\varphi$, gültige $d\Delta h$ gegeben, wenn man an die gleiche für P_0 gefundene Grösse obigen Betrag mit entgegengesetztem Vorzeichen anbringt, also statt des früheren $\frac{d\Delta h}{2}$ nun schreibt

$$\frac{d\Delta h}{2} + d\varphi\,sin\,\frac{A_2+A_1}{2}\,sin\,\frac{A_2-A_1}{2}$$

Mit diesem neuen in P_0' stattfindenden $\frac{d\Delta h}{2}$ wäre nunmehr die Formel (2) wiederum durchzurechnen; rascher zum Ziele aber kommt man, wenn man das frühere im Ort P_0 gewonnene $d\lambda$ gleich verbessert um den Betrag

$$+d\varphi\,sec\,\varphi\,sec\,\frac{A_2+A_1}{2}\,cosec\,\frac{A_2-A_1}{2}\,sin\,\frac{A_2+A_1}{2}\,sin\,\frac{A_2-A_1}{2} = +d\varphi\,sec\,\varphi\,tang\,\frac{A_2+A_1}{2}$$

und dieser Term ist das in Fig. 2 auftretende $d\lambda$. Nach Formel (3) folgt somit für das gesuchte Azimut α der Standlinie im Punkte P_0

$$tang\,\alpha = \frac{d\varphi\,sec\,\varphi\,tang\,\frac{A_2+A_1}{2}\,cos\,\varphi}{d\varphi} = tang\,\frac{A_2+A_1}{2}$$

oder

$$\alpha = \frac{A_1+A_2}{2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4)$$

Daraus erkennt man: ist das Besteck nicht um eine allzu grosse Strecke aus dem Wege, so darf man als Azimut der neuen Standlinie im Punkte P_0 das arithmetische Mittel der Azimute der beiden beobachteten Sterne substituiren, oder anders ausgedrückt: der die sphärische Hyperbel in einem Punkte berührende Grosskreisbogen halbirt den sphärischen Winkel zwischen den Verbindungsbögen dieses Punktes mit den beiden beobachteten Gestirnen.

Auch diese Eigenschaft unserer Standlinie hat ein Analogon in der Ebene; denn: die Tangente eines Punktes der Hyperbel halbirt den Winkel, welchen die Radienvektoren dieses Punktes einschliessen. —

Während die Richtung der Standlinie durch (4) stets mit gleicher Schärfe festgelegt wird, trifft dies bei dem ihr angehörigen Punkt P_0 nicht mehr zu. Man sieht nämlich, dass die Formel (2) versagt, wenn $\frac{A_2+A_1}{2} = 90°$ und $\frac{A_2-A_1}{2} = 90°$, d. h. wenn beide Sterne auf entgegengesetzten Seiten des Zeniths im Meridian stehen. In dem Falle kann man nun, statt zur angenommenen Breite die zugehörige Länge zu berechnen, die Sache umkehren und zu einer angenommenen Länge die zugehörige Breite bestimmen. Die Ableitung der Höhendifferenz und der Azimute beider Sterne durch Rechnung aus dem gegissten Schiffsort bleibt die gleiche wie zuvor. An Stelle von (2) ergiebt sich dann aber als Korrektion $d\varphi$ der genäherten Breite φ die Relation

Digitized by Google

$$d\varphi = -\frac{d\Delta h}{2}\, cosec\, \frac{A_2+A_1}{2}\, cosec\, \frac{A_2-A_1}{2}\ *) \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (5)$$

und $\varphi+d\varphi = \varphi_0$ ist dann die zur angenommenen Länge λ_0 gehörige Polhöhe.

Die Frage, ob die Schlussrechnung vortheilhafter nach der durch (2) oder nach der durch (5) gekennzeichneten Methode zu führen sei, erledigt sich also durch die Regel:

Liegt das mittlere Azimut $\frac{A_2+A_1}{2}$ zwischen 315° und 45° oder 185° und 225°, so ist die Formel (2) vorzuziehen;

Liegt aber $\frac{A_2+A_1}{2}$ zwischen 45° und 135° oder 225° und 315°, so ist (5) vorzuziehen.

Ausserdem darf natürlich in beiden Fällen die Azimutaldifferenz A_2-A_1 nicht zu klein werden, also nicht unter etwa 30° herabsinken.

Hat man zwei Höhendifferenzen gemessen, also drei verschiedene Sterne kurz nacheinander eingestellt, so bekommt man zwei Standlinien und im Schnittpunkt derselben den wahren Schiffsort, eine Aufgabe, die auf anderem Wege schon „Annalen“ Heft VII, S. 323, gelöst wurde, aber auch hier auf identische Formeln führt.

§ 4.

Bevor wir an die Durchrechnung einiger Beispiele gehen, seien noch einmal alle zur Bestimmung der Standlinie erforderlichen Formeln übersichtlich zusammengestellt.

Wir bezeichnen mit:

α_1 α_2 die Rektaszensionen
δ_1 δ_2 die Deklinationen
t_1 t_2 die Stundenwinkel
} der beiden beobachteten Sterne. { Oestl. Längen u. westl. Stundenw. +; Westl. Längen u. östl. Stundenw. −

φ_0 λ den genäherten Schiffsort bei Anwendung von Formel (2).

φ λ_0 den genäherten Schiffsort bei Anwendung von Formel (5).

$d\lambda$ die an λ anzubringende Korrektion, um λ_0 zu erhalten [Formel (2)].

$d\varphi$ die an φ anzubringende Korrektion, um φ_0 zu erhalten [Formel (5)].

φ_0 λ_0 die Koordinaten des dem Schiffsort benachbarten Punktes P_0 der Standlinie.

$[h_1]$ $[h_2]$ die mit $\varphi_0\lambda$ [Formel (2)] oder mit $\varphi\lambda_0$ [Formel (5)] berechneten Höhen beider Sterne.

$[\Delta h] = [h_2]-[h_1]$ die berechnete Höhendifferenz.

Δh die beobachtete Höhendifferenz.

$d\Delta h = \Delta h-[\Delta h]$ die Abweichung der berechneten gegen die beobachtete Höhendifferenz.

A_1 A_2 die Azimute beider Sterne, von N über O, S, W bis 360° durchgezählt.

α das Azimut der Standlinie im Punkte $P_0 = (\varphi_0, \lambda_0)$.

Nachdem in bekannter Weise t_1 u. t_2 abgeleitet, findet man die Höhen $[h_1]$ u. $[h_2]$ nach der Relation

$$\sqrt{\frac{sem\, t_1\, cos\varphi\, cos\delta_1}{sem(\varphi-\delta_1)}} = tang\, w \qquad sem(90°-[h_1]) = sem(\varphi-\delta_1)\, sec^2 w$$

*) Entwickelung. Da λ_0 als fest anzusehen ist, so hat man

$$dh_1 = d\varphi\, cos A_1$$
$$dh_1+d\Delta h = d\varphi\, cos A_2$$

Subtrahirt man die erste Gleichung von der zweiten, so entsteht

$$d\Delta h = d\varphi(cos A_2-cos A_1) = -2\, d\varphi\, sin\frac{A_2+A_1}{2}\, sin\frac{A_2-A_1}{2}$$

und daraus

$$d\varphi = -\frac{d\Delta h}{2}\, cosec\frac{A_2+A_1}{2}\, cosec\frac{A_2-A_1}{2}$$

Digitized by Google

und im Anschluss daran mit Hülfe von Azimuttafeln sofort die Azimute A_1 und A_2. Man bekommt dann $[\Delta h]$ durch $[\Delta h] = [h_2]-[h_1]$ und bildet $d\Delta h = \Delta h - [\Delta h]$; nun entscheide man, ob Formel (2) oder (5) den Vorzug verdient und berechne entweder

$$d\lambda = \frac{d\Delta h}{2} \sec\varphi \sec\frac{A_2+A_1}{2} \operatorname{cosec}\frac{A_2-A_1}{2}$$

oder

$$d\varphi = -\frac{d\Delta h}{2} \operatorname{cosec}\frac{A_2+A_1}{2} \operatorname{cosec}\frac{A_2-A_1}{2}$$

und damit ergiebt sich jenachdem

$$\lambda_0 = \lambda + d\lambda \qquad \text{oder} \qquad \varphi_0 = \varphi + d\varphi$$

Da jetzt ein Punkt $P_0 = (\varphi_0, \lambda_0)$ der Standlinie und ihr Azimut

$$\alpha = \frac{A_1+A_2}{2}$$

bekannt, so kann dieselbe vermittelst P_0 und α in die Karte eingezeichnet werden. —

I. 1899, September 26 wurden in ungefähr 3°40′S und 32°34′W nach einem Chronometer, dessen Stand zur Zeit der Beobachtung $+2^m39^s$ gegen Greenwich-Zeit war, die folgenden Beobachtungen zur Ermittelung der Standlinie angestellt.

Chronometer	Stern	Ablesung	Höhendifferenz	α ✳	δ ✳
1. $18^h45^m45^s$	α Arietis	39°5′0	$\Delta h = +17°2′8$	$2^h\ 1^m33^s$	+22°59′5
2. 19 7 12	α Canis maj.	56 7.3*)		7 34 4	+ 5 29.0

Zunächst berechne man mit $\varphi_0 = -3°40′$, $\lambda = -32°34′$ die Höhendifferenz $[\Delta h]$ und die Azimute A_1 und A_2.

	1.	2.
Chron.	$18^h45^m25^s$	$19^h\ 7^m12^s$
Stand	+0 2 39	+0 2 39
Länge	−2 10 16	−2 10 16
M. Ozt.	16 37 48	16 59 35
$m \odot \alpha$	12 23 2	12 23 5
Stzt.	5 0 50	5 22 40
α	2 1 33	7 34 4
t	+2 59 17	−2 11 24

$t = +2^h59^m17^s$	$lg\ sem$	9.1642	$-2^h11^m24^s$		8.9028
$\varphi_0 = -3°40′0$	$lg\ cos$	9.9991	−3°40′0		9.9991
$\delta = +22\ 59.5$	$lg\ cos$	9.9640	+5 29.0		9.9980
$\varphi_0-\delta = 26\ 39.5$	$col\ sem$	1.2745	9 9.0		2.1964
	$lg\ tg^2 w$	0.4000			1.0963
[Bolte, Taf. 44]	$lg\ sec^2 w$	0.5455			1.1298
$(\varphi-\delta)$	$lg\ sem$	8.7255			7.8036
	$lg\ sem\ z$	9.2710			8.9334
	$[h_1] = 38°48′5$			$[h_2] = 55°56′2$	

$[\Delta h] = +17°7′7$
$\Delta h = +17\ 2.8$
$d\Delta h = -\ 0\ 4.9$

*) Mit Kurs und Fahrt des Schiffes (N 23° O 12 Kn.) streng auf den Moment der Einstellung von α Arietis reduzirt.

Digitized by Google

Bolte, Taf. 24 A	−6.0	−1.8
„ 24 B	−0.6	−1.0
	−6.6	−2.8
Taf. 25, Azimut	N 57° W	N 74° O
	$A_1 = 303°$	$A_2 = 74°$

Azimut der Standlinie $\alpha = \frac{A_2+A_1}{2} = 188°5.$

Für die Schlussrechnung hat man also Formel (2) anzuwenden.

$\frac{d\Delta h}{2}$	$= -2'45$	*log*	0.389_n
φ	$= -3°40'$	*lg sec* ..	0.001
$\frac{A_2+A_1}{2}$	$= 188°5$	*lg sec* ..	0.005_n
$\frac{A_2-A_1}{2}$	$= -114.5$	*lg cosec*	0.041_n
		log $(d\lambda)$	0.436_n

$\lambda = -32°34'0$
$d\lambda = -\ 0\ \ 2.7$
$\lambda_0 = -32\ 36.7$

Die „kimmfreie" Standlinie ist demnach definirt durch die Elemente:

$$P_0 = \begin{cases} \varphi_0 = -3°40'0 \\ \lambda_0 = -32\ 36.7 \end{cases}$$
$$\alpha = 188°5$$

II. 1900, August 25, beobachtete man in ungefähr 24°6′N und 18°16′W nach einem Chronometer, dessen Stand zur Zeit der Beobachtung $= -21^m0^s$ war, wie folgt:

Chronometer	Stern	Ablesung	Höhendifferenz	α ✳	δ ✳
1. $18^h36^m\ 5^s$	α Geminorum	35°17′0	$\Delta h = -8°33'5$	$7^h28^m16^s$	+32° 6′3
2. 18 38 20	α Canis maj.	26 44.0		6 40 46	+16 34.7

Man findet nach dem unter I. dargelegten Schema mit $\varphi = +24°6'$, $\lambda_0 = -18°16'$:

1. $t = 4^h10^m7^s$ — 2. $-3^h20^m19^s$
$[h_1] = 35°0'0$ — $[h_2] = 26°24'5$
$[\Delta h] = -8°36'5$
$\Delta h = -8\ 33.5$
$d\Delta h = +0\ \ 3.0$
$A_1 = 66°$ — $A_2 = 125°$

Azimut der Standlinie $\alpha = \frac{A_2+A_1}{2} = 95°5.$

Demnach Schlussrechnung nach Formel (5):

$-\frac{d\Delta h}{2}$	$= -1'5$	*log*	0.176_n
$\frac{A_2+A_1}{2}$	$= 95°5$	*lg cosec*	0.002
$\frac{A_2-A_1}{2}$	$= 29.5$	*lg cosec*	0.060
		log $(d\varphi)$	0.238_n

$\varphi = +24°6'0$
$d\varphi = -\ 0\ 1.7$
$\varphi_0 = +24\ 4.3$

Elemente der „kimmfreien" Standlinie:

$$P_0 = \begin{cases} \varphi_0 = +24°\ 4'3 \\ \lambda_0 = -18\ 16.0 \end{cases}$$
$$\alpha = 95°5$$

Digitized by Google

Wie schon eingangs bemerkt, ist mit dieser Abhandlung die Darstellung einer nur Höhendifferenzen als Beobachtungs-Element voraussetzenden nautischen Astronomie abgeschlossen. Die vollständige Ortsbestimmung findet sich in Heft VII (S. 323) der „Annalen“ entwickelt, die Bestimmung der Zeit oder der Chronometerlänge l. c. Heft VIII (S. 372) und die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der Ableitung der Standlinie aus einer Höhendifferenz; implicite enthält sie auch in Formel (5) die Bestimmung der Breite durch eine Höhendifferenz bei bekannter Zeit. Die drei erwähnten Aufsätze bilden somit ein in sich geschlossenes Ganze und stellen alle Aufgaben der nautischen Astronomie unter neuem Gesichtspunkte dar. In erster Linie ist dadurch das Hauptglied der Anomalien der Kimm aus den Beobachtungen eliminirt; nebenher aber bietet sich, wie gezeigt, noch eine Reihe weiterer vorwiegend instrumenteller Vortheile.

Der hier innegehaltene indirekte Lösungsweg ist natürlich nicht der einzige, der zum Ziele führt. Wenn ich ihn einschlug, so leitete mich dabei die Ueberlegung, dass derselbe von der heute in der Nautik gebräuchlichen Form des Zweihöhenproblems her dem Seemann am geläufigsten sein dürfte und dass er andererseits auch dem Forschungsreisenden in fernen Ländern gute Dienste leisten möchte. Im übrigen aber lässt auch die Lösung der Höhendifferenzen-Probleme die gleiche Mannigfaltigkeit zu, welche sich für das seit mehr als vier Jahrhunderten (Regiomontan 1472) variirte und permutirte Zweihöhenproblem ergeben hat.

Digitized by Google

AUS DEM
ARCHIV DER DEUTSCHEN SEEWARTE.
XXV. Jahrgang 1902.
Herausgegeben von der Direktion der Seewarte.

No. 3.

Definitive Bestimmung der Bahn des Kometen 1899 I (Swift).

Von

A. Wedemeyer.

HAMBURG 1902.

Gedruckt bei Hammerich & Lesser in Altona.

Digitized by Google

Inhaltsübersicht.

	Seite
§ 1. Einleitung	1— 2
§ 2. Ephemeride	2— 7
§ 3. Verzeichniss der Oerter der Vergleichssterne	8—14
§ 4. Zusammenstellung der Beobachtungen und Vergleichung mit der Ephemeride	14—29
§ 5. Bildung der Normalörter	29—38
§ 6. Störungen	39—40
§ 7. Ableitung der Elemente	40—44

Berichtigungen:

Seite 1 (Einleitung) Zeile 1 lies Echo Mountain statt Eck o Mountain.
„ 8 (in der Tabelle) Stern 3 lies $0^h6^m47^s87$ statt $0^h0^m47^s87$.

Digitized by Google

No. 3.

Definitive Bestimmung der Bahn des Kometen 1899 I (Swift).

Von **A. Wedemeyer.**

§ 1. Einleitung.

Der Komet 1899 I wurde am 3. März 1899 von Lewis Swift auf dem Lowe Observatory in Eck o Mountain Cal. entdeckt. Trotz seiner ungünstigen Stellung wurde der Komet von mehreren Sternwarten der nördlichen Hemisphäre während des März häufig beobachtet; die Beobachtungen mussten theilweise in Zenithdistanzen von 85° und mehr angestellt werden. Für die südlichen Sternwarten waren die Beobachtungs-Verhältnisse günstiger, jedoch ist nur eine Serie Beobachtungen von J. Tebbutt in Windsor N. S. W. bis jetzt veröffentlicht worden. Nach den Angaben der Beobachter hatte der Komet Anfang März einen scharf ausgeprägten Kern 10. Grösse. Die Koma hatte 6′ bis 8′ Durchmesser, die Ränder waren verschwommen. In der zweiten Hälfte des März erschien der Komet als eine neblige Masse mit zentraler Verdichtung. Ein sternartiger Kern war nicht wahrnehmbar. Am 13. April passirte der Komet sein Perihel. Die letzte Beobachtung vor dem Periheldurchgange wurde am 30. März in Windsor angestellt. Laska gelang es am 26. April, den Kometen wieder aufzufinden. Der Komet näherte sich nun der Erde; seine Entfernung von ihr betrug am 30. Mai, zur Zeit der grössten Erdnähe, nur 0.55 astronomische Einheiten. Der Komet war während des Mai dem blossen Auge sichtbar. Der sternartige Kern war etwa 7.0^{ter} Grösse; die Gesamthelligkeit wurde von einigen Beobachtern auf 3. Grösse geschätzt, der Schweif erstreckte sich über mehrere Grade. Von Perrine und Barnard wurde noch ein zweiter Kern wahrgenommen, der jedoch bereits am 4. Juni nicht mehr sichtbar war. Im Juni nahm die Helligkeit des Kometen rasch ab; während der zweiten Hälfte des Juni konnte er nur noch mit sehr lichtstarken Fernrohren beobachtet werden. Die letzte Beobachtung wurde am 12. August von Cerulli in Teramo angestellt. Im ganzen sind 680 vollständige Beobachtungen[1]) veröffentlicht worden. Der Komet beschrieb während seiner Sichtbarkeit einen heliozentrischen Bogen von 250° und zwar 113° vor dem Periheldurchgange und 137° nach demselben.

In der vorliegenden Arbeit soll der Versuch gemacht werden, ein Elementensystem abzuleiten, das sich den Beobachtungen gut anschliesst, um auf Grund dessen die Bahnverhältnisse vor der Entdeckung möglichst sicher kennen lernen zu können. Der nachfolgenden Untersuchung schicke ich eine Uebersicht über die veröffentlichten Elementensysteme voraus. Die Elemente beziehen sich auf die Ekliptik und das mittlere Aequinoktium 1899.0.

T Mittlere Zeit Berlin	ω	Ω	i	$\log q$	e	Berechner	
1899 April 13.30148	4°54′14″4	23° 8′45″2	146° 3′42″6	9.537504	1	W. J. Hussey	A. N. 3553
13.0255	8 26.0	24 46.4	146 14.6	9.51476	1	H. Kreutz	A. N. 3553
13.01480	8 48 52.4	25 0 54.8	146 15 48.2	9.513114	1	»	A. N. 3556
13.01495	8 41 29.7	24 58 15.1	146 16 8.5	9.513794	1	A. Stichtenoth	A. N. 3567
13.00127	9 2 32.8	25 7 35.9	146 16 1.0	9.5118112	1	C. J. Merfield	A. J. 462
13.02045	8 43 48.8	24 59 41.4	146 15 35.5	9.5138016	1	»	A. N. 3575
13.008777	8 40 1.47	24 58 42.37	146 16 17.98	9.5138929	1	»	A. N. 3602
13.014872	8 41 54.64	24 59 17.40	146 15 27.86	9.5139745	1.0003912	»	ibid
13.014872	8 41 55.72	24 59 18.34	146 15 27.67	9.5139745	1.00039453	»	ibid
13.00759	8 39 28.97	24 58 12.30	146 16 19.44	9.5138482	1	»	P.R.S. NSW.[2])
13.014888	8 41 44.77	24 59 10.90	146 15 31.12	9.5139738	1.00034908	»	ibid
13.015220	8 41 46.04	24 59 9.30	146 15 29.88	9.5139705	1.00035029	»	A. N. 3748

[1]) April 1902. [2]) Proceedings of the Royal Society of New South Wales 1899, XXIII, p. 190.

Digitized by Google

Eine Besprechung der physischen Verhältnisse des Kometen und eine Bahnbestimmung des zweiten Kernes ist von Th. Brédikhine im Bulletin de l'Académie Impériale des Sciences de St-Pétersbourg, 1901. XIV, No. 5, veröffentlicht worden.

§ 2. Ephemeride.

Als Grundlage meiner Rechnung wählte ich das hyperbolische Elementensystem von C. J. Merfield — A. N. 3602.

T = 1899 April 13.015 M. Z. Berlin.

ω =	8°41′55″.72	ω' =	47°25′52″.98
Ω =	24°59′18″.34	Ω' =	60°50′19″.90
i =	146°15′27″.67	i' =	164°24′46″.52
$\log q$ =	9.5139745	q =	0.32656867
$\log e$ =	0.00017131	e =	1.00039453

mittl. Aequin. 1899.0

Heliozentrische Aequator-Koordinanten.

$$x' = r\,[9.9877024]\,\sin(v + 77°30'53''.72)$$
$$y' = r\,[9.9962452]\,\sin(v + 165°41'17''.11)$$
$$z' = r\,[9.4292719]\,\sin(v + 47°25'52''.98)$$

Zur Berechnung der wahren Anomalie v und des Radius vector r leitete ich mir das folgende Formel-System ab. Nach der Lambert'schen Gleichung ist:

$$(A) \quad \frac{kt}{a^{3/2}} = 2\arcsin\left(\frac{r+r'+s}{4a}\right)^{1/2} - 2\arcsin\left(\frac{r+r'-s}{4a}\right)^{1/2} - \sin 2\arcsin\left(\frac{r+r'+s}{4a}\right)^{1/2} + \sin 2\arcsin\left(\frac{r+r'-s}{4a}\right)^{1/2}$$

Setzt man hierin $\frac{r+r'+s}{4a} = x$ und $\frac{r+r'-s}{4a} = y$, so geht die Gleichung (A) über in folgende:

$$\frac{kt}{a^{3/2}} = 2\arcsin x^{1/2} - 2\arcsin y^{1/2} - 2\sqrt{x}\cdot\sqrt{1-x} + 2\sqrt{y}\cdot\sqrt{1-y}$$

Entwickelt man die rechte Seite der Gleichung nach steigenden Potenzen von x und y, so ergiebt sich:

$$(A)' \quad \frac{kt}{a^{3/2}} = \frac{4}{3}(x^{3/2}-y^{3/2}) + \frac{2}{5}(x^{5/2}-y^{5/2}) + \frac{3}{14}(x^{7/2}-y^{7/2}) + \frac{5}{36}(x^{9/2}-y^{9/2}) + \frac{35}{352}(x^{11/2}-y^{11/2}) + \frac{63}{832}(x^{13/2}-y^{13/2}) + \ldots\ldots$$

Nun ist, wenn man einen Ast der Hyperbel berücksichtigt,

$$r = q(1+e) : (1+e\cos v)$$
$$s = \sqrt{q^2+q^2(1+e)^2 : (1+e\cos v)^2 - 2q^2(1+e)\cos v : (1+e\cos v)},$$

mithin

$$q+r+s = q+q(1+e) : (1+e\cos v) + \sqrt{q^2+q^2(1+e)^2 : (1+e\cos v)^2 - 2q^2(1+e)\cos v : (1+e\cos v)}$$

Setzt man $\frac{1-e}{1+e} = \varepsilon$, also $1+\varepsilon = \frac{2}{1+e}$, so folgt

$$q+r+s = q\left(1 + \frac{1+\tan g^2\frac{v}{2}}{1+\varepsilon\tan g^2\frac{v}{2}} + \sqrt{1+\left(\frac{1+\tan g^2\frac{v}{2}}{1+\varepsilon\tan g^2\frac{v}{2}}\right)^2 - 2\frac{1-\tan g^2\frac{v}{2}}{1+\varepsilon\tan g^2\frac{v}{2}}}\right)$$

$$= \frac{2q}{1+\varepsilon\tan g^2\frac{v}{2}}\left(1 + \frac{1}{1+e}\tan g^2\frac{v}{2} + \tan g\frac{v}{2}\sqrt{1+\left(\frac{1}{1+e}\right)^2\tan g^2\frac{v}{2}}\right)$$

Digitized by Google

Führt man jetzt einen Hilfswinkel ψ ein unter der Relation: $tang\,\psi = \frac{1}{1+e} tang\,\frac{v}{2}$, und berücksichtigt, dass

$$1 + \frac{1}{(1+e)^2} tang^2\frac{v}{2} = 1 + tang^2\psi = sec^2\psi$$

und $tang\,\psi + sec\,\psi = tang\left(45 + \frac{\psi}{2}\right)$, so folgt

$$(B) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad q+r+s = \frac{2q}{1+\varepsilon\, tang^2\frac{v}{2}}\left[1 + tang\frac{v}{2}\, tang\left(45+\frac{\psi}{2}\right)\right]$$

Auf analoge Weise folgt:

$$q+r-s = \frac{2q}{1+tang\frac{v}{2}\, tang\left(45+\frac{\psi}{2}\right)}$$

Setzt man zur Abkürzung $1+tang\frac{v}{2}\, tang\left(45+\frac{\psi}{2}\right) = \mu$ und ferner in (A') für x und y die gefundenen Werthe ein, so wird

$$(C) \ldots \quad \frac{kt}{a^{3/2}} = \frac{4}{3}\frac{(2q)^{3/2}}{8\,a^{3/2}}\left(\frac{\mu^{3/2}}{\left(1+\varepsilon\, tang^2\frac{v}{2}\right)^{3/2}} - \frac{1}{\mu^{3/2}}\right) + \frac{2}{5}\frac{(2q)^{5/2}}{32\,a^{5/2}}\left(\frac{\mu^{5/2}}{\left(1+\varepsilon\, tang^2\frac{v}{2}\right)^{5/2}} - \frac{1}{\mu^{5/2}}\right) + \ldots.$$

$$(C') \quad \frac{kt}{\sqrt{2}\,q^{3/2}} = \frac{\mu^{3/2}}{\left(1+\varepsilon\, tang^2\frac{v}{2}\right)^{3/2}}\left[\frac{1}{3} + \frac{1}{20}\frac{(1-e)\,\mu}{\left(1+\varepsilon\, tang^2\frac{v}{2}\right)} + \frac{3}{224}\frac{(1-e)^2\mu^2}{\left(1+\varepsilon\, tang^2\frac{v}{2}\right)^2} + \frac{5}{1152}\frac{(1-e)^3\mu^3}{\left(1+\varepsilon\, tang^2\frac{v}{2}\right)^3} + \ldots\right]$$

$$- \frac{1}{\mu^{3/2}}\left[\frac{1}{3} + \frac{1}{20}\frac{1-e}{\mu} + \frac{3}{224}\frac{(1-e)^2}{\mu^2} + \frac{5}{1152}\frac{(1-e)^3}{\mu^3} + \ldots.\right]$$

Die Klammerausdrücke lassen sich leicht in Tafeln zusammenstellen mit dem Argument $\frac{(1-e)\,\mu}{1+\varepsilon\, tang^2\frac{v}{2}}$ und $\frac{1-e}{\mu}$. Taf. XXIII in J. Bauschinger's Tafeln zur theoretischen Astronomie giebt die Logarithmen dieser Grössen (Q) für das Argument $sin\frac{\varepsilon^2}{2}$ mit dem konstanten Faktor 3 multiplizirt, sodass hier von einer Wiedergabe der von mir gerechneten Tafel abgesehen werden kann.

Für die Parabel werden, da $e = 1$ ist, die Klammerausdrücke gleich $\frac{1}{3}$. Nach einigen leichten Reduktionen folgt dann die der Barker'schen Tafel zu Grunde liegende Gleichung:

$$(C'') \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad \frac{kt}{\sqrt{2}\,q^{3/2}} = tang\frac{v}{2} + \frac{1}{3}tang^3\frac{v}{2}$$

Um aus (C') die wahre Anomalie zu finden, verschaffe ich mir zunächst aus (C'') einen Näherungswerth v_0 für v. Mit v_0 rechne ich einen Näherungswerth ψ_0 für ψ und bestimme aus v_0 und ψ_0 den Werth der Klammergrössen. Die quadratische Gleichung (C') lässt sich nun leicht nach μ auflösen, woraus sich ein verbesserter Werth für v ergiebt. Mit diesem Werthe wird die Rechnung wiederholt und fortgesetzt, bis der gefundene Werth mit dem Ausgangswerthe übereinstimmt. Bei Ephemeriden-Rechnungen hat man nach Bestimmung der ersten Werthe für v durch Extrapolation so gute Werthe zur Hand, dass eine Neurechnung der Klammergrössen unnöthig wird.

Statt der direkten Auflösung der Gleichung (C') habe ich mich eines Näherungsverfahrens bedient. Ich berechne zuerst $t : q^{3/2} = M$ und schlage dazu in Taf. XV von Bauschinger's Tafeln zur theoretischen Astronomie das der Parabel zugehörige v auf. Mit diesem Werthe für v berechne ich nun die rechte Seite der Gleichung (C'). Ist dann dM der Ueberschuss der linken Seite über die rechte, so verbessere ich den angenommenen Werth von v mittelst der Differentialgleichung:

$$dv = k\sqrt{2}\cos^4\frac{v}{2}\frac{\left(1+\varepsilon\, tang^2\frac{v}{2}\right)^2}{\sqrt{1+\varepsilon}}\frac{M_0}{mod}\,dM$$

Digitized by Google

Der in derselben Taf. XV gegebene Differentialquotient $log\, A$ giebt den log von $k\sqrt{2}\, cos^4 \frac{v}{2} \frac{M}{mod}$, muss also noch um den log von $\frac{\left(1+\varepsilon\, tang^2 \frac{v}{2}\right)^2}{\sqrt{1+\varepsilon}} \frac{M_0}{M}$ vermehrt werden. Zur Veranschaulichung der Rechnung diene folgendes Beispiel, das sich auf den Ephemeridenort 1899 August 14.5 bezieht.

$log\, e = 0.0001713$ $\quad log \frac{1-e}{2} = 6_n2950500$ $\quad log\,(1+e) = 0.3011157$

$log \frac{1}{1+\varepsilon}^{1/2} = 0.0000428$ $\quad log\, q^{3/2} = 9.2709617$ $\quad log\, t = 2.0916142$

$\frac{t}{q^{3/2}} = M = 2.8206525$

$v_0 = 137°6'56''.829$ (Taf. XV)

$tang \frac{v_0}{2} = 0.4058907$

$tang\, \psi = \frac{1}{1+e} tang \frac{v_0}{2} = 0.1047750$

$\psi = 51°50'43''.13$

$tang\left(45+\frac{\psi}{2}\right) = 0.4611270$

$tang \frac{v_0}{2} tang\left(45+\frac{\psi}{2}\right) = 0.8670177$

$Zech\, A = 0.0553117$

$\mu = 1+tang \frac{v_0}{2} tang\left(45+\frac{\psi}{2}\right) = 0.9223294$

$tang^2 \frac{v}{2} = 0.8117814$

$\varepsilon\, tang^2 \frac{v}{2} = 7_n1067457$

$1:\left(1+\varepsilon\, tang^2 \frac{v}{2}\right) = 0.0005557$ $(Zech\, S)$

$\mu \frac{1-e}{2} : \left(1+\varepsilon\, tang^2 \frac{v}{2}\right) = 7_n21794$

$num = -0.0016517$ Arg. I für Taf. XXIII

$\frac{1-e}{2} \cdot \frac{1}{\mu} = 5_n37272$

$num = -0.0000236$ Arg. II für Taf. XXIII

$\mu^{3/2} = 1.3834941$

$\left(1+\varepsilon\, tang^2 \frac{v}{2}\right)^{3/2} = 0.0008335$

$Q_1 = 9.5226637$ (Taf. XXIII)

$I = 0.9069913$

$1:\mu^{3/2} = 8.6165059$

$Q_2 = 9.5228756$ (Taf. XXIII)

$II = 8.1393815$

$Zech\, S = 0.0007422$

$I-II = 0.9062491$

$log\, const = 1.9149336$

$M_0 = 2.8211827$

$M_0-M = +0.0005302$

$log\,(M-M_0) = 6_n72444$

$log\, A = 5.13535$ (Taf. XV[1])

$\left(1+\varepsilon\, tang^2 \frac{v}{2}\right)^2 : (1+\varepsilon)^{1/2} = 9.99893$

$log\, dv = 1_n85925$

$dv = -1'12''.318$

$v = 137°5'44''.511$

Nach den Formeln von Gauss und Oppolzer ergiebt sich

$v = 137°5'44''.51$

[1]) $Arg = 2.8206525 - \frac{1}{2} . 0.0005302 = 2.8203874.$

Digitized by Google

Die Ephemeride wurde von März 4 bis Juli 15 in vierteltägigen Intervallen direkt siebenstellig gerechnet, um bei der Vergleichung der Beobachtungen mit der Ephemeride die Interpolation mit dritten Differenzen in den meisten Fällen vermeiden zu können. Auch lässt sich dadurch bei einer so grossen Anzahl Beobachtungen die Arbeit übersichtlicher gestalten und leichter kontroliren. Die Sonnenkoordinaten sind dem Berliner astronomischen Jahrbuche entnommen. Die Ephemeride giebt die Kometenörter für mittlere Zeit Berlin.

1899	α geoc.	δ geoc.	$\log r$	$\log \Delta$	1899	α geoc.	δ geoc.	$\log r$	$\log \Delta$
März 4.50	$3^h49^m\ 4^s.75$	$-27°\ 23'\ 11''.3$	0.01980	9.89563	März 20.00	$2^h44^m\ 9^s.68$	$-\ 8°\ 17'\ 22''.6$		0.01478
.75	47 35.16	27 0 24.6		.89733	.25	43 22.62	8 3 3.9		.01666
5.00	46 6.90	26 37 45.2		.89905	.50	42 35.75	7 48 51.6	9.85628	0.01853
.25	44 39.96	26 15 13.2		.90078	.75	41 49.06	7 34 45.8		.02039
.50	43 14.31	25 52 48.9	0.01151	9.90253	21.00	41 2.56	7 20 46.2		.02224
.75	41 49.91	25 30 32.3		.90430	.25	40 16.21	7 6 52.8		.02409
6.00	40 26.75	25 8 23.7		.90608	.50	39 30.02	6 53 5.5	9.84326	0.02593
.25	39 4.80	24 46 23.1		.90788	.75	38 45.97	6 39 24.1		.02776
.50	37 44.03	24 24 30.6	0.00302	9.90970	22.00	37 58.04	6 25 48.5		.02959
.75	36 24.40	24 2 46.6		.91153	.25	37 12.24	6 12 18.8		.03140
7.00	35 5.89	23 41 11.0		.91338	.50	36 26.53	5 58 54.8	9.82980	0.03320
.25	33 48.47	23 19 44.0		.91523	.75	35 40.92	5 45 36.5		.03500
.50	32 32.14	22 58 25.6	9.99431	9.91710	23.00	34 55.40	5 32 23.7		.03678
.75	31 16.85	22 37 15.9		.91899	.25	34 9.95	5 19 16.3		.03855
8.00	30 2.58	22 16 15.1		.92088	.50	33 24.57	5 6 14.4	9.81590	0.04032
.25	28 49.31	21 55 23.0		.92277	.75	32 39.24	4 53 17.8		.04208
.50	27 37.03	21 34 39.9	9.98538	9.92468	24.00	31 53.95	4 40 26.3		.04383
.75	26 25.69	21 14 5.7		.92660	.25	31 8.69	4 27 40.0		.04556
9.00	25 15.26	20 53 40.5		.92853	.50	30 23.46	4 14 58.7	9.80154	0.04729
.25	24 5.76	20 33 24.3		.93046	.75	29 38.23	4 2 22.4		.04901
.50	22 57.13	20 13 17.1	9.97621	9.93240	25.00	28 53.00	3 49 50.9		.05072
.75	21 49.37	19 53 19.1		.93435	.25	28 7.76	3 37 24.2		.05241
10.00	20 42.46	19 33 30.1		.93630	.50	27 22.50	3 25 2.2	9.78670	0.05409
.25	19 36.36	19 13 50.2		.93826	.75	26 37.21	3 12 44.8		.05576
.50	18 31.06	18 54 19.3	9.96680	9.94023	26.00	25 51.87	3 0 31.9		.05742
.75	17 26.54	18 34 57.4		.94220	.25	25 6.48	2 48 23.5		.05907
11.00	16 22.78	18 15 44.5		.94418	.50	24 21.02	2 36 19.5	9.77138	0.06071
.25	15 19.76	17 56 40.8		.94616	.75	23 35.48	2 24 19.7		.06234
.50	14 17.47	17 37 46.1	9.95713	9.94814	27.00	22 49.87	2 12 24.1		.06394
.75	13 15.88	17 19 0.3		.94912	.25	22 4.17	2 0 32.7		.06554
12.00	12 14.96	17 0 23.4		.95211	.50	21 18.34	1 48 45.4	9.75557	0.06713
.25	11 14.70	16 41 55.4		.95410	.75	20 32.40	1 37 1.9		.06871
.50	10 15.09	16 23 36.3	9.94719	9.95508	28.00	19 46.33	1 25 22.4		.07027
.75	9 16.12	16 5 26.1		.95807	.25	19 0.12	1 13 46.7		.07181
13.00	8 17.76	15 47 24.6		.96007	.50	18 13.76	1 2 14.6	9.73927	0.07335
.25	7 20.00	15 29 31.8		.96206	.75	17 27.24	0 50 46.2		.07487
.50	6 22.81	15 11 47.5	9.93697	9.96405	29.00	16 40.55	0 39 21.3		.07638
.75	5 26.18	14 54 11.9		.96605	.25	15 53.67	0 28 0.0		.07787
14.00	4 30.10	14 36 44.9		.96804	.50	15 6.60	0 16 42.1	9.72248	0.07935
.25	3 34.55	14 19 26.3		.97002	.75	14 19.32	$-$ 0 5 27.5		.08082
.50	2 39.52	14 2 16.1	9.92646	9.97201	30.00	13 31.83	+ 0 5 43.9		.08227
.75	1 44.98	13 45 14.2		.97400	.25	12 44.11	0 16 52.1		.08370
15.00	0 50.91	13 28 20.6		.97598	.50	11 56.15	0 27 57.2	9.70524	0.08512
.25	$2^h\ 59\ 57.32$	13 11 35.2		.97796	.75	11 7.94	0 38 59.2		.08652
.50	59 4.19	12 54 57.9	9.91563	9.97994	31.00	10 19.47	0 49 58.3		.08790
.75	58 11.50	12 38 28.7		.98192	.25	9 30.73	1 0 54.5		.08927
16.00	57 19.22	12 22 7.5		.98388	.50	8 41.71	1 11 47.9	9.68759	0.09062
.25	56 27.36	12 5 54.1		.98585	.75	7 52.40	1 22 38.7		09196
.50	55 35.90	11 49 48.4	9.90448	9.98782	April 1.00	2 7 2.79	1 33 26.9		09329
.75	54 44.82	11 33 50.5		.98978					
17.00	53 54.11	11 18 0.2		.99174	April 25.50	0 29 20.45	+17 51 18.4	9.68705	0.05592
.25	53 3.75	11 2 17.5		.99369	.75	28 28.41	18 2 02.3		.05384
.50	52 13.73	10 46 22.4	9.89298	9.99564	26.00	27 36.54	18 12 50.4		.05174
.75	51 24.04	10 31 14.7		.99758	.25	26 44.81	18 23 42.7		.04963
18.00	50 34.68	10 15 54.2		9.99951	.50	25 53.20	18 34 39.5	9.70472	0.04749
.25	49 45.63	10 0 40.9		0.00144	.75	25 1.71	18 45 40.7		.04533
.50	48 56.86	9 45 34.7	9.88113	0.00337	27.00	24 10.32	18 56 46.5		.04316
.75	48 8.37	9 30 35.6		.00529	.25	23 19.01	19 7 57.1		.04097
19.00	47 20.15	9 15 43.4		.00719	.50	22 27.77	19 19 12.5	9.72197	0.03875
.25	46 32.18	9 0 58.1		.00910	.75	21 36.58	19 30 32.9		.03652
.50	45 44.45	8 46 19.6	9.86890	0.01100	28.00	20 45.43	19 41 58.4		.03427
.75	44 56.95	$-$ 8 31 47.8		.01289	.25	19 54.30	+19 53 29.1		.03200

Digitized by Google

1899	α geoc.	δ geoc.	log r	log Δ	1899	α geoc.	δ geoc.	log r	log Δ
April 28.50	0h 19m 3s.18	+20°. 5′ 5″.3	9.73877	0.02972	Mai 17.25	22h 46m 40s.24	+41° 33′ 32″.2		9.82356
.75	18 12.05	20 16 47.1		.02743	.50	44 24.83	41 57 43.6	9.97593	9.82074
29.00	17 20.88	20 28 34.4		.02511	.75	42 5.98	42 22 3.7		.81794
.25	16 29.66	20 40 27.4		.02277	18.00	39 43.61	42 46 31.9		.81516
.50	15 38.39	20 52 26.4	9.75509	0.02042	.25	37 17.57	43 11 7.6		.81240
.75	14 47.04	21 4 31.4		.01805	.50	34 47.76	43 35 50.2	9.98511	9.80966
30.00	13 55 59	21 16 42.7		.01566	.75	32 14.04	44 00 38.9		.80695
.25	13 4 03	21 29 0.2		.01326	19.00	29 36.27	44 25 33.1		.80427
.50	12 12.34	21 41 24.2	9.77091	0.01084	.25	26 54.33	44 50 31.7		.80162
.75	11 20 50	21 53 54.8		.00841	.50	24 8.06	45 15 33.9	9.99404	9.79899
Mai 1.00	10 28.51	22 6 32.1		.00596	.75	21 17.34	45 40 38.7		.79640
.25	9 36.32	22 19 16.2		.00349	20.00	18 21.99	46 5 45.1		.79384
.50	8 43.93	22 32 7.2	9.78625	0.00101	.25	15 21.91	46 30 51.9		.79131
.75	7 51.33	22 45 5.4		9.99851	.50	12 16.91	46 55 58.1	0.00276	9.78882
2.00	6 58.48	22 58 10.9		.99600	.75	9 6.87	47 21 2.2		.78637
.25	6 5.37	23 11 23.8		.99347	21.00	5 51.65	47 46 2.8		.78396
.50	5 11.98	23 24 44.2	9.80110	9.99093	.25	2 31.08	48 10 58 8		.78160
.75	4 18.30	23 38 12.3		.98837	.50	21 59 5.00	48 35 48.3	0.01126	9.77928
3.00	3 24.29	23 51 48.2		.98580	.75	55 33.30	49 0 29.9		.77701
.25	1 29.95	24 5 32.1		.98321	22.00	51 55.79	49 25 1.7		.77478
.50	1 35.24	24 19 24.2	9.81547	9.98061	.25	48 12.35	49 49 22.1		.77261
.75	0 40.16	24 33 24.6		.97799	.50	44 22.86	50 13 29.2	0.01955	9.77049
4.00	23 59 44.67	24 47 33.3		.97536	.75	40 27.17	50 37 21.0		.76842
.25	58 48.76	25 1 50.6		.97272	23.00	36 25.15	51 0 55.6		.76641
.50	57 52.40	25 16 16.6	9.82939	9.97006	.25	32 16.71	51 24 10.6		.76446
.75	56 55.56	25 30 51.4		.96739	.50	28 1.73	51 47 3.9	0.02765	9.76257
5.00	55 58.22	25 45 35.3		.96470	.75	23 40.11	52 9 33.4		.76074
.25	55 0.38	26 0 28.4		.96200	24.00	19 11.79	52 31 36.2		.75898
.50	54 1.99	26 15 30.7	9.84286	9.95929	.25	14 36.70	52 53 10.5		.75728
.75	53 3.02	26 30 42.5		.95656	50	9 54.82	53 14 13.0	0.03555	9.75565
6.00	52 3.45	26 46 3.8		.95382	.75	5 6.11	53 34 42.2		.75409
.25	51 3.26	27 1 34.8		.95107	25.00	0 10.59	53 54 34.5		.75260
.50	50 2.42	27 17 15.9	9.85590	9.94831	.25	20 55 8.25	54 13 47.5		.75119
.75	49 0.90	27 33 6.9		.94554	.50	49 59.18	54 32 18.7	0.04328	9.74986
7.00	47 58.66	27 49 8.1		.94275	.75	44 43.44	54 50 5.5		.74860
.25	46 55.69	28 5 19.7		.93995	26.00	39 21.20	55 7 5.3		.74742
.50	45 51.96	28 21 41.8	9 86853	9.93714	.25	33 52.59	55 23 15.2		.74632
.75	44 47.43	28 38 14.5		.93432	.50	28 17.80	55 38 32.9	0.05084	9.74530
8.00	43 42.05	28 54 57.9		.93149	.75	22 37.09	55 52 55.7		.74437
.25	42 35.80	29 11 52.2		.92865	27.00	16 50.65	56 6 20.9		.74352
.50	41 28.66	29 28 57.5	9.88077	9.92580	.25	10 58.81	56 18 46.4		.74276
.75	40 20.58	29 46 14.0		.92294	.50	5 1.95	56 30 10.0	0.05822	9.74208
9.00	39 11.53	30 3 41.9		.92007	.75	19 59 0.43	56 40 29.5		.74149
.25	38 1.47	30 21 21.2		.91719	28.00	52 54.66	56 49 42.7		.74100
.50	36 50.36	30 39 12.0	9.89263	9.91429	.25	46 45.08	56 57 48.1		.74059
.75	35 38.16	30 57 14.6		.91139	.50	40 32.18	57 4 44.0	0.06545	9.74027
10.00	34 24.83	31 15 28.9		.90849	.75	34 16.48	57 10 29.0		.74005
.25	33 10.32	31 33 55.2		.90558	29.00	27 58.53	57 15 2.1		.73991
.50	31 54.60	31 52 33.4	9.90414	9.90266	.25	21 38.87	57 18 22.5		.73986
.75	30 37.61	32 11 23.8		.89973	.50	15 18.09	57 20 29.3	0.07252	9.73991
11.00	29 19.32	32 30 26.4		.89680	.75	8 56.75	57 21 22.3		.74005
.25	27 59.67	32 49 41.3		.89386	30.00	2 35.47	57 21 1.1		.74029
.50	26 38.61	33 9 8.7	9.91530	9.89092	.25	18 56 14.83	57 19 26.0		.74062
.75	25 16.09	33 28 48.6		.88797	.50	49 55.44	57 16 37.3	0.07945	9.74104
12.00	23 52.05	33 48 40.9		.88502	.75	43 37.84	57 12 35.9		.74155
.25	22 26.45	34 8 45.9		.88207	31.00	37 22.61	57 7 22.5		.74215
.50	20 59.23	34 29 3.3	9.92614	9.87911	.25	31 10.28	57 0 58.2		.74284
.75	19 30.32	34 49 33.4		.87615	.50	25 1.37	56 53 24.4	0.08624	9.74363
13.00	17 59.66	35 10 16.3		.87319	.75	18 56.36	56 44 42.7		.74450
.25	16 27.20	35 31 11.7		.87023	Juni 1.00	12 55.72	56 34 54.9		.74546
.50	14 52.86	35 52 20.1	9.93666	9.86727	.25	6 59.86	56 24 2.9		.74652
.75	13 16.58	36 13 40.8		.86431	.50	1 09.19	56 12 9.1	0.09288	9.74766
14.00	11 38.28	36 35 14.2		.86136	.75	17 55 24.02	55 59 15.5		.74888
.25	9 57.90	36 57 0.2		.85841	2.00	49 44.69	55 45 24.8		.75019
.50	8 15.36	37 18 58.5	9.94689	9.85546	.25	44 11.45	55 30 38.5		.75158
.75	6 30.56	37 41 9.2		.85251	.50	38 44.54	55 14 59.7	0.09940	9.75305
15.00	4 43.45	38 3 32.2		.84956	.75	33 24.14	54 58 31.7		.75460
.25	2 53.94	38 26 7.2		.84663	3.00	28 10.44	54 41 16.2		.75623
.50	1 1.95	38 48 54.0	9.95684	9.84371	.25	23 3.54	54 23 16.5		.75793
.75	22 59 7.36	39 11 52.6		.84080	.50	18 3.54	54 4 34.9	0.10579	9.75971
16.00	57 10.12	39 35 2.4		.83789	.75	13 10.49	53 45 14.2		.76156
.25	55 10.09	39 58 23.4		.83500	4.00	8 24.45	53 25 17.0		.76349
.50	53 7.19	40 21 55.3	9.96651	9.83212	.25	3 45.39	53 4 45.9		.76548
.75	51 1.33	40 45 37.7		.82925	.50	16 59 13.32	52 43 43.5	0.11206	9.76754
17.00	48 52.38	+41 9 30.2		.82640	.75	54 48.20	+52 22 12.2		.76967

Digitized by Google

1899	α geoc.	δ geoc.	log r	log Δ	1899	α geoc.	δ geoc.	log r	log Δ
Juni 5.00	16h 50m 30s.00	+52° 0′ 14″.8		9.77186	Juni 23.75	14h 35m 43s.85	+26° 26′ 21″.9		0.00226
.25	46 18.58	51 37 53.4		.77411	24.00	35 7.76	26 12 29.1		.00530
.50	42 13.87	51 15 10.1	0.11820	9.77642	.25	34 32.47	25 58 45.5		.00832
.75	38 15.76	50 52 7.4		.77879	.50	33 57.95	25 45 11.1	0.21706	0.01134
6.00	34 24.18	50 28 47.2		.78121	.75	33 24.19	25 31 45.8		.01434
.25	30 38.97	50 5 11.9		.78368	25.00	32 51.15	25 18 29.6		.01733
.50	27 0.04	49 41 23.2	0.12424	9.78621	.25	32 18.83	25 5 22.2		.02030
.75	23 27.23	49 17 23.1		.78879	.50	31 47.21	24 52 23.6	0.22150	0.02326
7.00	20 0.40	48 53 13.3		.79142	.75	31 16.29	24 39 33.5		.02621
.25	16 39.41	48 28 55.6		.79409	26.00	30 46.03	24 26 51.9		.02915
.50	13 24.11	48 4 31.6	0.13016	9.79680	.25	30 16.42	24 14 18.6		.03207
.75	10 14.33	47 40 2.7		.79856	.50	29 47.45	24 1 53.6	0.22588	0.03498
8.00	7 9.97	47 15 30.5		.80235	.75	29 19.11	23 49 36.6		.03788
.25	4 10.84	46 50 56.3		.80518	27.00	28 51.39	23 37 27.5		.04077
.50	1 16.81	46 26 21.4	0.13598	9.80805	.25	28 24.26	23 25 26.4		.04365
.75	15 58 27.71	46 1 46.9		.81095	.50	27 57.70	23 13 33.0	0.23020	0.04651
9.00	55 43.42	45 37 13.9		.81389	.75	27 31.73	23 1 47.4		.04936
.25	53 3.78	45 12 43.6		.81686	28.00	27 6.31	22 50 9.2		.05220
.50	50 28.68	44 48 16.9	0.14170	9.81986	.25	26 41.44	22 38 38.3		.05503
.75	47 57.95	44 23 54.8		.82288	.50	26 17.10	22 27 14.8	0.23447	0.05784
10.00	45 31.48	43 59 37.8		.82593	.75	25 53.28	22 15 58.5		.06064
.25	43 9.11	43 35 27.1		.82900	29.00	25 29.99	22 4 49.3		.06343
.50	40 50.71	43 11 23.3	0.14731	9.83210	.25	25 7.19	21 53 47.1		.06620
.75	38 36.19	42 47 27.2		.83522	.50	24 44.88	21 42 51.7	0.23867	0.06896
11.00	36 25.39	42 23 39.3		.83835	.75	24 23.06	21 32 3.0		.07171
.25	34 18.21	42 0 00.0		.84150	30.00	24 1.71	21 21 21.0		.07445
.50	32 14.55	41 36 29.8	0.15283	9.84468	.25	23 40.82	21 10 45.7		.07718
.75	30 14.26	41 13 9.3		.84787	.50	23 20.39	21 0 16.8	0.24282	0.07989
12.00	28 17.26	40 49 59.0		.85107	.75	23 0.40	20 49 54.3		.08259
.25	26 23.43	40 26 59.1		.85429	Juli 1.5	22 2.99	20 19 24.2	0.24691	0.09063
.50	24 32.68	40 4 10.2	0.15826	9.85752	2.5	20 52.19	19 40 7.7	.25095	.10117
.75	22 44 91	39 41 32.4		.86076	3.5	19 47.43	19 2 21.9	.25494	.11151
13 00	21 0.01	39 19 6.0		.86400	4.5	18 48.34	18 26 11.6	.25888	.12167
.25	19 17.91	38 56 51.5		.86726	5.5	17 54.48	17 51 1.8	.26278	.13164
.50	17 38.51	38 34 48.6	0.16359	9.87053	6.5	17 5.51	17 17 18.0	.26662	.14143
.75	16 1.73	38 12 57.9		.87380	7.5	16 21.07	16 44 46.1	.27042	.15104
14.00	14 27.48	37 51 19.7		.87708	8.5	15 40.89	16 13 22.2	.27417	.16047
.25	12 55.68	37 29 53.5		.88036	9.5	15 4.69	15 43 2.4	.27787	.16973
.50	11 26.26	37 8 40.0	0.16884	9.88365	10.5	14 32.22	15 13 43.2	.28153	.17882
.75	9 59.15	36 47 39.0		.88694	11.5	14 3.24	14 45 21.5	.28515	.18774
15.00	8 34.27	36 26 50.7		.89023	12.5	13 37.54	14 17 54.3	.28873	.19651
.25	7 11.55	36 6 15.1		.89352	13.5	13 14.93	13 51 18.6	.29227	.20512
.50	5 50.94	35 45 52.4	0.17401	9.89681	14.5	12 55.22	13 25 32.0	.29577	.21357
.75	4 32.35	35 25 42.4		.90010	15.5	12 38.27	13 0 31.9	.29922	.22187
16.00	3 15.73	35 5 45.2		.90339	16.5	12 23.89	12 36 15.9	.30265	.23003
.25	2 1.02	34 46 0.8		.90668	17.5	12 11.96	12 12 41.8	.30603	.23804
.50	0 48.16	34 26 29.1	0.17909	9.90996	18.5	12 2.34	11 49 47.7	.30938	.24591
.75	14 59 37 10	34 7 10.0		.91324	19.5	11 54.90	11 27 31.8	.31269	.25365
17.00	58 27.79	33 48 3.6		.91652	20.5	11 49.55	11 5 51.8	.31596	.26125
.25	57 20.18	33 29 9.9		.91980	21.5	11 46.15	10 44 46.5	.31920	.26872
.50	56 14.20	33 10 28.8	0.18409	9.92307	22.5	11 44.63	10 24 14.2	.32241	.27607
.75	55 9.82	32 52 0.0		.92634	23.5	11 44.88	10 4 13.2	.32558	.28329
18.00	54 7.00	32 33 43.7		.92961	24.5	11 46.82	9 44 42.0	.32872	.29039
.25	53 5.67	32 15 39.7		.93286	25.5	11 50.37	9 25 39.5	.33184	.29738
.50	52 5.80	31 57 47.9	0.18902	9.93611	26.5	11 55.46	9 7 4.3	.33492	.30425
.75	51 7.37	31 40 8.2		.93935	27.5	12 2.02	8 48 55.1	.33796	.31101
19.00	50 10.30	31 22 40.6		.94259	28.5	12 10.00	8 31 11.0	.34098	.31765
.25	49 14.57	31 5 24.9		.94581	29.5	12 19.35	8 13 51.1	.34397	.32419
.50	48 20.15	30 48 21.1	0.19387	9.94903	30.5	12 30.01	7 56 53.9	.34693	.33062
.75	47 27.00	30 31 29.0		.95224	31.5	12 41.91	7 40 18.7	.34987	.33696
20.00	46 35.08	30 14 48.5		.95545	Aug. 1.5	12 54.99	7 24 4.7	.35277	.34319
.25	45 44.36	29 58 19.3		.95864	2.5	13 9.21	7 8 11.1	.35565	.34932
.50	44 54.81	29 42 1.4	0.19864	9.96182	3.5	13 24.54	6 52 37.0	.35850	.35536
.75	44 6.39	29 25 54.8		.96499	4.5	13 40.92	6 37 21.7	.36132	.36130
21.00	43 19.07	29 9 59.3		.96815	5.5	13 58.33	6 22 24.5	.36412	.36715
.25	42 32.85	28 54 14.7		.97130	6.5	14 16.71	6 7 44.9	.36690	.37291
.50	41 47.65	28 38 40.9	0.20335	9.97445	7.5	14 36.04	5 53 22.1	.36965	.37858
.75	41 3.48	28 23 17.8		.97759	8.5	14 56.26	5 39 15,6	.37237	.38416
22.00	40 20.31	28 8 5.3		.98071	9.5	15 17.34	5 25 24.8	.37507	.38966
.25	39 38.10	27 53 3.1		.98382	10.5	15 39.27	5 11 49.2	.37774	.39507
.50	38 56.84	27 38 11.3	0.20799	9.98693	11.5	16 01.98	4 58 28.3	.38040	.40040
.75	38 16.49	27 23 29.6		.99002	12.5	16 25.48	4 45 21.5	.38303	.40565
23.00	37 37.04	27 8 58.0		.99309	13.5	16 49.74	4 32 28.5	.38564	.41082
.25	36 58.46	26 54 36.2		.99616	14.5	17 14.73	+ 4 19 48.9	0.38822	0.41592
.50	36 20.74	+26 40 24.2	0.21256	9.99922					

Digitized by Google

§ 3. Verzeichniss der Oerter der Vergleichssterne.

Die Positionen der bei den mikrometrischen Vergleichungen benutzten Vergleichssterne wurden in allen mir zugänglichen Katalogen aufgesucht. Den älteren Katalogen wurde den neueren gegenüber bei der definitiven Ableitung des Sternortes ein entsprechend geringeres Gewicht zuertheilt. Bei den Sternen mit nördlicher Deklination wurden nur die Kataloge der Astronomischen Gesellschaft und neuere Kataloge berücksichtigt, falls keine Eigenbewegung vorlag. Von den noch nicht veröffentlichten Katalogen der Astronomischen Gesellschaft konnte ich infolge der gütigen Mittheilung des Herrn C. H. Davis, Capt. U. S. N., die Positionen der Zonenbeobachtungen von Washington benutzen, wofür ich diesem Herrn hiermit meinen verbindlichsten Dank sage. Einige Sternörter, die ich in keinem Kataloge finden konnte, sind auf meine Bitte von mehreren Beobachtern selbst und ausserdem von den Herren Dr. Courvoisier und Dr. Scheller bereitwilligst bestimmt worden.

Die Reduktion auf 1899.0 habe ich bei den Sternen mit nördlicher Deklination mit den in den Katalogen der astronomischen Gesellschaft gegebenen Werthen für Praecession und Variatio saecularis ausgeführt und nach der Tafel auf Seite 392 des Berliner Jahrbuchs kontrolirt. Für die südlichen Sterne wurde die Reduktion mit den Becker'schen Tafeln ausgeführt. Das dritte Glied wurde nach der Kloock'schen Tafel berücksichtigt. Bei der Reduktion auf den scheinbaren Ort habe ich die Grössen f, g, G, h, H, i des Berliner Jahrbuchs verwandt.

Eigenbewegung wurde bei den Sternen No. 19, 26, 33, 54, 93, 169 und 317 neu gerechnet, bei allen anderen Sternen wurden die Angaben der im Verzeichnisse aufgeführten Quellen benutzt. In den angegebenen Sternörtern ist etwaige Eigenbewegung bereits in Rechnung gezogen.

Die im Verzeichniss gebrauchten Abkürzungen sind die allgemein üblichen. Pulk. V ist die Abkürzung für Publications de l'Observatoire Central Nicolas, Série II, Vol. V; Wien für den Katalog von 1238 Sternen von J. Palisa und F. Bidschof (Wiener Denkschriften MCLXVII 785).

Lauf. No.	α 1899.0	Red. ad. l. app.	δ 1899.0	Red. ad. l. app.	Autorität
1	$0^h\ 0^m 51^s.18$	$+1^s.01$	$+24°\ 21'\ 17''.7$	$+2''.0$	A. G. Berlin B. 9206.
2	0 2 19.38	+0.99	+23 45 31.8	+2.1	A. G. Berlin B. 5.
3	0 0 47.87	+0.97	+22 54 34.4	+2.4	A. G. Berlin B. 26.
4	0 17 44.73	+0.88	+20 12 53.1	+3.0	A. G. Berlin A. 77.
5	0 24 51.13	+0.83	+18 51 58.0	+3.2	A. G. Berlin A. 120.
6	2 16 30.75	+0.64	− 0 36 36.2	+2.1	A. G. Nic. 471.
7	2 16 33.75	+0.64	− 0 48 45.5	+2.1	Cord. G. C. 2401, Karlsruhe, A. G. Nic. 472.
8	2 16 37.32	+0.64	+ 0 30 28.0	+2.4	A. G. Nic. 473.
9	2 16 46.09	+0.63	− 0 3 56.5	+2.2	Yarn. 1088, Cord. G. C. 2405, Karlsruhe, Rad. III 548, Pulk. V, A. G. Nic. 474 (Weisse $2^h.221$, $46^s.76$, $52''.8$).
10	2 17 3.53	+0.64	− 1 20 41.3	+2.0	W. $2^h.224$. M. I 920, Sant. I 47, V 192, Paris I, II, III 2946, Schj 676, Yarn. 1089, Glasgow I 527, II 186, Cord. G. C. 2411, Karlsruhe, Rad. III 550, Pulk. V, A. G. Nic. 476. (W. $2^h.224$, $2^h 16^m 57^s.70$).
	E. B. Nicolajew $-0^s.0026$, $-0''.052$				
11	2 19 52.05	+0.64	− 3 14 13.2	+1.5	W. $2^h.285$, Sant. II 51, Paris I. II, III 3001, Glasgow I 540, II 189, Cord. G. C. 2482, Karlsruhe, Rad. III 563 (W. $2^h.285$ und Sant. II 51 in δ ausgeschlossen).
12	2 22 25.78	+0.65	− 2 23 53.8	+1.6	Pulk. V $-2^s.412$.
13	2 30 15.96	+0.67	− 3 59 25.3	+1.0	W. $2^h.468$, Sant. II 54, Paris I, II, III 3198.
		+0.67		+1.1	Glasgow I 583, Brüssel 1011, Cord. G. C. 2711, Pulk. V, Karlsruhe, Rad. III 608, Porter (12) 173, Wien 103, Cap 1890, Dunsink 1890, 129 u. 1900, 110. (W., Sant., Wien in δ ausgeschl.)
	E. B. Rad. III $-0^s.013$ $-0''.427$				
14	2 32 28.93	+0.68	− 5 31 44.9	+0.6	Sant. III 46, Wien 104 (W. $29^s.50$, $36''.4$.)
15	2 33 17.00	+0.68	− 1 50 45.0	+1.4	Paris II, III 3264, Sant. V 203, Pulk. V, Strassburg 122, Karlsruhe, M. II 589 (W. $06^s.98$, Sant. V $16^s.00$).
16	2 35 25.42	+0.70	− 7 51 54.9	−0.3	Rad. III 636, San Fernando 1899, 79.
17	2 36 43.13	+0.69	− 3 38 43.9	+0.9	Paris I 3348, Sant. II 57, Schj. 755, Glasgow I 615, Cord. G. C. 2847, Rad. III 642, Karlsr. (W. $2^h.598$, $43^s.48$, $40''.9$, Sant. II $49''.1$).
18	2 38 6.92	+0.70	− 7 4 16.0	0.0	W. $2^h.620$, Karlsruhe 110, Ottakring Z. 197, 294.
19	2 38 57.44	+0.70	− 8 20 21.5	−0.3	W. $2^h.632$, Sant. IV 43, Paris I 3376, Armagh 350, Rad. III 649, San Fernando 1899, 81, Ottakring Z. 215.
	E. B. $-0''.072$				

Digitized by Google

Lauf. No.	α 1899.0	Red. ad. l. app.	δ 1899.0	Red. ad. l. app.	Autorität
20	$2^h38^m58^s.88$	+0^s.69	− 6° 26′ 18″.5	+0″.2	Paris I 3375, Schj. 764, BB. VI, Armagh 351, Karlsruhe, Rad. III 650, A. G. Ottakring Z. 92.
21	2 39 8.44	+0.70	− 6 50 30.6	0.0	Paris III 3377, A. G. Ottakring Z. 290.
22	2 41 34.66	+0.73	− 8 27 6.6	−0.4	W. 2^h675, San Fernando 1899, 83, A. G. Ottakring Z. 289.
23	2 41 44.11	+0.70	− 7 25 2.3	−0.2	W. 2^h678, A. G. Ottakring Z. 298.
24	2 43 28.25	+0.69	− 6 9 33.0	+0.2	Rad. III 668, A. G. Ottakring Z. 298.
24a	2 44 2.10	+0.71	− 8 6 15.4	−0.4	BB. VI, San Fernando 1899, 85, A. G. Ottakring Z. 205, 289.
25	2 47 17.34	+0.73	− 8 40 53.8	−0.7	W. 2^h777, Sant. IV 45, Paris I, II, III 3519, Rad. III 681, San Fernando 1899, 88, A. G. Ottakring Z. 96, 204 (W. in α ausgeschl).
26	2 47 54.86	+0.73	− 9 51 21.2	−1.0	W. 2^h778, Sant V 47, Paris I, III 3528, Schj. 805, Armagh 369, Cord. G. C. 3064, Rad. III 684, A. G. Ottakring Z. 214, 293.
	E. B. +0^s.09				
27	2 49 14.09	+0.73	−10 51 14.5	−1.4	W. 2^h814, Paris I, II, III 3559, Brüssel 1126, Cord. G. C. 3093, Rad. III 690, Dunsink VIII 121 (W. in δ ausgeschlossen).
28	2 51 29.53	+0.73	− 9 17 59.9	−0.6	W. 2^h863, Sant. V 48, Paris I, II, III 3594, Schj. 826, Brüssel 1136, Cord. G. C. 3146, Rad. III 699, Romberg 693, San Fernando 1896, 91, 1899, 90, Cap 1890, 54, Greenw. Sec. 10 year 953.
	E. B. B. J. +0^s.0037 −0″.206				
29	2 52 2.09	+0.75	−10 46 51.4	−1.5	W. 2^h875, Sant. III 229.
30	2 52 46.09	+0.75	−12 8 59.3	−1.9	W. 2^h886, Sant. III 230.
31	2 53 22.31	+0.75	−12 24 35.9	−1.9	W. 2^h892, Sant. III 231, BB. VI, Paris II 3627, Cord. G. C. 3194, Rad. III 708.
32	2 53 53.46	+0.75	−10 10 47.9	−1.3	W. 2^h902, Sant. III 232, Cord. G. C. 3210, Armagh 382, Rad. III 711, Cap 1890, 381.
33	2 54 38.57	+0.75	−11 5 7.7	−1.6	W. 2^h921 (in α ausgeschlossen), Paris II 3648, Schj. 849.
	E. B. −0″.051				
34	2 55 28.32	+0.76	−11 51 37.5	−1.9	W. 2^h942.
35	2 57 27.85	+0.76	−13 1 27.2	−2.3	W. 2^h977, Sant. IV 213, Rad. III 727 (vielleicht E. B. in δ).
36	2 57 40.54	+0.77	−12 48 44.8	−2.2	W. 2^h983, Sant. IV 214.
37	2 58 40.70	+0.77	−11 22 4.8	−1.9	W. 2^h997, Sant. III 238, Paris II, III 3688, Rad. III 731,
	E. B. Paris −0″.180.				
37a	3 0 4.98	+0.77	−13 13 46.4	−2.4	Heidelberg Mer., Hamburg Anschluss an *39.
38	3 0 19.20	+0.77	−14 47 35.0	−2.9	Arg.-Weiss 1660, B B. VI.
39	3 0 29.66	+0.77	−13 7 1.5	−2.4	W. 2^h1038, Sant. IV 218.
40	3 1 54.15	+0.78	−13 42 30.4	−2.6	W. 2^h1064.
41	3 2 32.41	+0.78	−14 8 37.1	−2.8	W. 2^h1077, Paris II, III 3759, BB. VI, Cord. G. C. 3365, Rad. III 744, Porter 214.
	E. B. Porter 0″.246				
42	3 5 53.68	+0.80	−14 47 47.6	−3.1	W. 3^h47, Sant. IV 223, BB. VI S. 328.
		+0.79		−3.1	
43	3 6 18.34	+0.79	−13 38 49.7	−2.8	W. 3^h57, Sant. IV 224, Paris III 3828, Cord. G. C. 3426, Rad. III 754 (W. in δ ausgeschlossen).
44	3 6 35.26	+0.83	−16 24 22.6	−2.7	Arg.-Weiss 1731, Paris I, II 3832, Cord. G. C. 3436, Rad. III 757.
45	3 7 2.79	+0.80	−15 18 24.5	−3.3	A. G. Washington Z. −15°.554.
45a	3 7 34.47	+0.81	−16 26 16.7	−3.6	Arg.-Weiss 1741, 2 Mer. Bordeaux.
46	3 11 6.38	+0.81	−17 12 8.2	−4.0	Arg.-Weiss 1776.
47	3 11 9.33	+0.82	−15 10 6.5	−3.4	B. B. VI, Paris II, 3914, Rad. III 773.
48	3 12 32.36	+0.85	−16 41 8.7	−3.9	Arg.-Weiss 1791.
49	3 14 7.42	+0.85	−15 55 10.0	−3.8	Arg.-Weiss 1804, Rad. III 785.
50	3 14 44.18	+0.83	−17 47 28.1	−4.3	A. G. Washington Z. −17°.641.
51	3 15 18.00	+0.83	−17 55 35.4	−4.4	A. G. Washington Z. −18°.589.
52	3 16 5.89	+0.83	−17 53 7.8	−4.4	Arg.-Weiss 1819, Paris II, III 3997.
53	3 18 10.65	+0.84	−19 27 35.1	−4.9	Arg.-Weiss 1839, Porter 454.
54	3 23 16.87	+0.86	−20 9 51.9	−5.4	B. B. VI., Paris II 4118, Porter 465, Lld.-Paris.
	E. B. +0^s.043 +0″.30				(B. B. VI scheint um +10″ fehlerhaft.)
55	3 28 29.37	+0.88	−21 7 19.9	−5.8	Arg.-Weiss 1939, Porter 478.
56	3 29 19.54	+0.89	−21 58 17.6	−6.1	Arg.-Weiss 1949, Paris I, II 4231, Cord. G. C. 3897, Rad. III 836, Greenw. Sec. 10 year, 1104, Cap 1890, 414, Hongkong 1899,
	E. B. Greenw. +0^s.0014 −0″.040				[1471.
57	3 30 11.46	+0.89	−22 28 52.1	−6.3	Arg.-Weiss 1959.
58	3 36 4.33	+0.91	−23 14 24.9	−6.8	Arg.-Weiss 2019, B. B. VI.
59	3 36 51.39	+0.92	−24 4 31.9	−7.0	Mt. Hamilton Anschluss an *60.
60	3 37 38.60	+0.92	−23 58 3.7	−7.0	Cord. G. C. 4081.
61	3 37 38.69	+0.91	−24 58 26.7	−7.3	Arg.-Weiss 2039, Armagh 459, Cord. G. C. 4082, Hongkong 1899, 1542.
	E. B. Doberck +0^s.016, A. N. 3575				
62	3 37 43.16	+0.92	−23 34 10.8	−6.9	Arg.-Weiss 2040, Cord. G. C. 4086.

Digitized by Google

Lauf. No.	α 1899.0	Red. ad. l. app.	δ 1899.0	Red. ad. l. app.	Autorität
63	$3^h38^m\ 3^s.50$	$+0^s.92$	$-24°43'\ 50''.3$	$-7''.2$	Cap D. M. —24°457.
64	3 38 24.73	+0.92	−24 46 31.7	−7.3	Cord. G. C. 4104.
65	3 40 30.46	+0.93	−23 41 48.9	−7.1	Arg.-Weiss 2067, Cord. G. C. 4142.
66	3 41 53.48	+0.94	−24 42 24.6	−7.4	Arg.-Weiss 2086.
67	3 42 24.57	+0.94	−25 40 16.9	−7.7	Arg.-Weiss 2092, Cord. G. C. 4188, Strassburg.
68	3 43 58.72	+0.95	−27 3 18.9	−8.1	Arg.-Weiss 2112.
69	3 44 45.65	+0.95	−26 20 26.4	−7.9	B. B. VI, Cord. G. C. 4234, Hongkong 1899, 1609.
70	3 48 29.08	+0.97	−27 6 42.0	−8.3	Mt. Hamilton Anschluss an *68.
71	14 7 53.10	+2.89	+16 8 14.2	−6.9	Paris II 17445, A. G. Berlin A. 5149.
72	14 8 10.14	+2.91	+16 21 10.2	−6.9	Paris III 17449, A. G. Berlin A. 5150.
73	14 8 45.32	+2.79	+ 9 9 36.3	−8.0	A. G. Leipzig II 6641.
74	14 8 52.11	+2.79	+ 9 27 12.9	−7.9	A. G. Leipzig II 6642.
75	14 8 53.20	+2.73	+ 7 35 42.5	−8.2	Paris III 17461, Schj. 5068, A. G. Leipzig II 6643 (vielleicht
76	14 9 44.71	+2.92	+14 26 38.9	−6.9	¼ B. B. + ¾ A. G. Leipzig I 5055. [E. B. in δ]
77	14 10 9.93	+2.81	+ 9 54 41.6	−7.8	A. G. Leipzig I 5057.
78	14 10 26.14	+2.87	+12 58 49.2	−7.3	A. G. Leipzig I 5060.
79	14 10 46.25	+2.86	+12 53 44.8	−7.2	A. G. Leipzig I 5062 (W. 14^h136, $\alpha = 46''.78$).
80	14 10 57.44	+2.79	+ 9 11 29.7	−7.8	A. G. Leipzig II 6647.
81	14 11 2.25	+2.66	+ 5 38 5.0	−8.5	Schj. 5076, A. G. Leipzig II 6649.
82	14 11 5.54	+2.88	+12 55 28.1	−7.2	A. G. Leipzig I 5065.
83	14 11 35.16	+2.78	+ 8 53 32.8	−7.8	A. G. Leipzig II 6654.
84	14 11 55.24	+2.82	+ 9 58 59.3	−7.7	Mt. Hamilton Anschluss an *77.
85	14 11 55.74	+2.69	+ 5 59 59.0	−8.2	A. G. Leipzig II 6655.
86	14 11 59.13	+2.77	+ 8 30 43.1	−7.9	Teramo Anschluss an *103.
87	14 12 6.95	+2.65	+ 5 15 6.1	−8.4	Schj. 5085, A. G. Leipzig II 6656, Küstner.
88	14 12 8.83	+2.73	+ 7 13 10.4	−8.0	A. G. Leipzig II 6657, Küstner.
89	14 12 18.49	+2.89	+13 52 19.1	−7.1	A. G. Leipzig I 5068.
90	14 12 28.68	+2.73	+ 7 37 28.1	−8.0	Mt. Hamilton Anschluss an *75.
91	14 12 32.83	+2.88	+13 2 12.0	−7.2	Teramo Anschluss an *82.
92	14 12 39.37	+2.76	+ 7 53 7.0	−7.9	Mt. Hamilton Anschluss an *104.
93	14 12 38.87	+2.93	+15 43 49.6	−6.8	⅖ A. G. Berlin A. 5174 + ⅕ Armagh 1660 + ⅖ Paris III 17528.
		E. B. $+0^s.0042$.			
94	14 12 43.14	+2.94	+17 50 26.2	−6.4	A. G. Berlin A. 5175.
95	14 12 46.03	+2.75	+ 7 39 40.6	−8.0	Strassburg und Teramo Anschluss an *75.
96	14 12 47.14	+2.90	+14 12 17.8	−7.0	A. G. Leipzig I 5072.
97	14 12 54.04	+2.73	+ 7 13 48.0	−8.0	Teramo Anschluss an *88.
98	14 12 58.53	+2.90	+14 22 16.4	−7.0	A. G. Leipzig I 5074.
99	14 13 6.59	+2.92	+15 21 43.2	−6.8	¼ W. 14^h232 + ¾ A. G. Berlin A. 5177.
100	14 13 12.80	+2.90	+13 38 1.4	−7.1	¼ W. 14^h188 + ¾ A. G. Leipzig I 5075.
101	14 13 36.78	+2.71	+ 6 41 54.7	−8.1	A. G. Leipzig II 6660, Küstner.
102	14 13 57.48	+2.94	+17 49 7.7	−6.4	A. G. Berlin A. 5181.
103	14 14 5.24	+2.77	+ 8 33 10.8	−7.9	A. G. Leipzig II 6662.
104	14 14 7.83	+2.78	+ 7 50 43.6	−7.9	Paris III 17556, A. G. Leipzig II 6663.
105	14 14 12.63	+2.71	+ 6 27 56.5	−8.1	Teramo Anschluss an *111.
106	14 14 17.22	+2.92	+14 56 49.3	−6.8	¼ W. 14^h258 + ¾ A. G. Berlin A. 5182.
107	14 14 18.54	+2.69	+ 5 58 0.5	−8.2	Teramo Anschluss an *85.
108	14 14 19.62	+2.95	+17 7 58.6	−6.6	A. G. Berlin A. 5183.
109	14 14 22.83	+2.90	+13 28 13.8	−7.0	A. G. Leipzig I 5083, Di Legge e Giacomelli, Küstner.
110	14 14 24.04	+2.92	+14 30 44.8	−6.9	Mt. Hamilton Anschluss an *76.
111	14 14 35.96	+2.71	+ 6 21 41.0	−8.1	A. G. Leipzig II 6666.
112	14 14 58.40	+2.94	+16 46 10.3	−6.6	A. G. Berlin A. 5187, Pulk. V, Küstner.
		E. B. Berlin $-0^s.0110$ $+0''.058$.			
113	14 15 42.59	+2.65	+ 4 45 11.0	−8.3	A. G. Albany 4933, A. G. Leipzig II 6669.
114	14 15 52.96	+2.93	+15 21 12.4	−6.7	⅕ W. 14^h287 + ⅕ Paris I 17593 + ⅗ A. G. Berlin A. 5189.
115	14 16 0.16	+2.95	+16 49 7.2	−6.6	Königsberg Anschluss an *112.
116	14 16 6.36	+2.96	+17 58 15.3	−6.4	¼ W. 14^h293 + ¾ A. G. Berlin A. 5190.
117	14 16 12.20	+2.65	+ 4 46 29.0	−8.3	Teramo Anschluss an *113.
118	14 16 44.23	+2.97	+17 23 11.1	−6.4	Königsberg Anschluss an *128.
119	14 17 10.43	+2.71	+ 5 41 4.9	−8.2	¼ M. I. 10080 + ¼ Glasgow I 3559 + ½ A. G. Leipzig II 6672.
		+2.70		−8.1	

Digitized by Google

Lauf. No.	α 1899.0	Red. ad. l. app.	δ 1899.0	Red. ad. l. app.	Autorität
120	$14^h17^m21^s.91$	$+2^s.76$	$+7°27'57''.8$	$-7''.8$	A. G. Leipzig II 6673.
121	14 17 38.86	+2.95	+16 24 41.5	−6.5	Mer. Bordeaux, Küstner.
122	14 17 49.66	+2.97	+17 1 19.6	−6.4	A. G. Berlin A. 5195.
123	14 18 15.23	+2.96	+17 34 7.3	−6.3	1/5 Paris II 17651 + 3/5 A. G. Berlin A. 5199 + 1/5 Paris III 17651.
124	14 18 24.82	+2.81	+ 8 54 16.1	−7.5	Glasgow I 3563.
125	14 18 24.79	+2.81	+ 8 54 22.6	−7.5	A. G. Leipzig II 6679 (Paris I, II, III 17652 stimmen schlecht
126	14 18 38.59	+2.98	+19 1 15.9	−6.2	A. G. Berlin A. 5202, Battermann 867. [untereinander.
	E. B. Berlin A.	$-0^s.023$	$-0''.07$		
127	14 18 56.44	+2.97	+18 13 36.8	−6.2	1/4 W. 14^h365 + 3/4 A. G. Berlin A. 5203.
128	14 19 4.27	+2.97	+17 18 24.3	−6.4	A. G. Berlin A. 5204.
129	14 19 27.40	+3.02	+21 37 38.5	−5.8	A. G. Berlin B. 5064, Küstner.
130	14 19 42.31	+2.98	+17 18 46.5	−6.3	A. G. Berlin A. 5208.
131	14 20 17.63	+3.00	+19 58 0.4	−6.0	A. G. Berlin A. 5209, A. G. Berlin B. 5069, Küstner.
132	14 20 21.27	+2.98	+18 42 43.2	−6.1	1/6 W. 14^h389 + 1/2 A. G. Berlin A. 5210 + 1/3 Paris III 17709.
133	14 20 48.25	+2.98	+17 52 22.0	−6.1	A. G. Berlin A. 5212.
134	14 20 48.66	+3.01	+21 3 55.7	−5.8	A. G. Berlin B. 5071.
135	14 20 51.87	+2.68	+ 5 18 48.3	−7.9	Schj. 5125, A. G. Leipzig II 6694.
136	14 20 53.28	+2.73	+ 5 56 29.3	−7.9	1/3 Paris III 17716 + 2/3 A. G. Leipzig II 6695.
137	14 21 15.88	+3.03	+23 17 2.4	−5.6	A. G. Berlin B. 5076.
138	14 21 30.27	+3.00	+19 39 50.5	−6.0	A. G. Berlin A. 5215.
139	14 21 40.18	+3.02	+21 34 5.6	−5.8	A. G. Berlin B. 5079.
140	14 21 59.93	+3.01	+22 2 36.4	−5.7	1/2 (A. G. Berlin B. 5081 + Paris III 17748).
141	14 22 46.94	+3.03	+23 10 4.3	−5.6	A. G. Berlin B. 5082.
142	14 23 15.46	+3.02	+21 49 52.2	−5.7	A. G. Berlin B. 5084.
143	14 23 15.77	+3.02	+21 49 54.9	−5.7	A. G. Berlin B. 5085.
144	14 23 32.55	+3.01	+21 5 56.1	−5.8	1/3 Paris III 17782 + 2/3 A. G. Berlin B. 5087.
145	14 24 8.43	+3.02	+21 50 56.5	−5.7	Königsberg Anschluss an *143.
146	14 24 42.—		+20 26 —		
147	14 25 10.—		+23 16 —		B. D. +23°2700.
148	14 27 17.36	+3.02	+19 12 51.3	−5.9	1/4 Paris III 17866 + 3/4 A. G. Berlin A. 5246.
149	14 27 24.25	+3.02	+19 16 56.5	−5.8	A. G. Berlin A. 5247.
	E. B. Berlin A.	$-0^s.0131$			
150	14 27 25.73	+3.04	+22 31 32.4	−5.5	Paris III 17870, A. G. Berlin B. 5094.
151	14 27 57.06	+3.04	+22 42 16.9	−5.5	Paris III 17887, A. G. Berlin B. 5095, Di Legge e Giacomelli 1406,
		+3.04		−5.4	Cap. 1890, 1685.
	E. B. Berlin B.	$-0^s.0110$	$+0''.042$		
152	14 28 35.09	+3.05	+23 22 50.2	−5.3	A. G. Berlin B. 5098.
152a	14 29 1.53	+3.06	+23 35 53.2	−5.4	A. G. Berlin B. 5099.
153	14 30 14.94	+3.06	+24 52 51.1	−5.2	Paris III 17936, A. G. Berlin B. 5104, A. G. Cambr. 6892.
154	14 30 32.89	+3.07	+23 57 34.6	−5.3	A. G. Berlin B. 5105.
155	14 31 33.00	+3.07	+23 41 22.9	−5.4	A. G. Berlin B. 5108.
156	14 31 59.08	+3.06	+24 3 43.4	−5.2	1/5 (Paris II 17980 + 2 Paris III 17980 + 2 A. G. Berlin B. 5112).
157	14 36 31.58	+3.09	+26 32 52.7	−4.8	1/6 W. 14^h728 (in δ ausgeschlossen) + 1/3 Paris III 18077 + 1/2 A. G. Cambr. 6933.
158	14 40 34.53	+3.10	+27 30 0.2	−4.6	Yarnall 6187/8, A. G. Cambr. 6957, Greenw. Sec. 10 year, 3737, Cap. 1890, 1720, Di Legge e Giacomelli 1430.
	E. B. Greenw.	$-0^s.0043$	$+0''.001$		
159	14 42 0.88	+3.10	+28 19 38.1	−4.5	A. G. Cambr. 6963.
160	14 42 56.33	+3.10	+28 29 34.0	−4.5	A. G. Cambr. 6967.
161	14 43 0.44	+3.10	+28 38 7.2	−4.4	A. G. Cambr. 6968.
161a	14 46 32.70	+3.13	+30 50 46.0	−4.3	1/5 W. $14^h963/4$ + 1/5 Rümker 4836 + 3/5 A. G. Leiden Z. 28, 36.
162	14 46 41.49	+3.13	+30 44 57.7	−4.3	A. G. Leiden Z. 38, 40, Küstner.
163	14 50 19.46	+3.14	+30 28 23.9	−4.3	2/3 A. G. Leiden Z. 36, 184 + 1/3 Paris III 18394.
164	14 56 25.29	+3.16	+33 21 33.8	−4.0	A. G. Leiden Z. 181, 187.
165	14 58 14.00	+3.16	+33 18 48.0	−4.0	A. G. Leiden Z. 181, 187, Paris III 18576.
166	14 59 19.33	+3.16	+34 40 34.7	−3.9	A. G. Leiden Z. 181, 187.
167	15 2 55.48	+3.18	+35 52 6.9	−3.8	A. G. Lund Z. 36°2574, Küstner.
168	15 3 0.—		+34 20 —		
169	15 3 2.06	+3.18	+34 21 13.1	−3.8	1/5 W. 15^h1 + 1/5 Paris II 18709 + 3/5 A. G. Leiden Z. 42, 178.
		+3.18		−3.9	E. B. −0''.050.
170	15 4 5.56	+3.18	+35 37 21.7	−3.8	A. G. Lund Z. 35°2651.

Digitized by Google

Lauf. No.	α 1899.0	Red. ad. l. app.	δ 1899.0	Red. ad. l. app.	Autorität
171	$15^h\ 8^m 28^s.28$	$+3^s.19$	$+37°\ 12'\ 28''.9$	$-3''.7$	1/10 B. B. VI + 9/10 A. G. Lund Z. 37°2617.
172	15 11 8.69	+3.20	+37 12 15.4	−3.7	Romberg 3384, A. G. Lund Z. 37°2621.
173	15 11 49.18	+3.21	+37 4 19.6	−3.7	1/6 B. B. VI + 5/6 A. G. Lund Z. 37°2622.
174	15 12 29.44	+3.20	+37 26 25.8	−3.6	A. G. Lund Z. 37°2625.
175	15 20 32.02	+3.22	+38 32 52.9	−3.6	A. G. Lund Z. 38°2652 (vielleicht E. B. in δ).
176	15 24 48.72	+3.23	+41 43 24.9	−3.6	3/4 A. G. Bonn 9972 + 1/4 Paris II 19238.
177	15 26 24.43	+3.23	+40 15 15.4	−3.6	2/3 A. G. Bonn 9984 + 1/3 Paris III 19276.
178	15 26 36.62	+3.23	+40 2 25.6	−3.6	2/3 A. G. Bonn 9987 + 1/3 Paris III 19281.
179	15 28 2.72	+3.23	+40 1 9.7	−3.6	A. G. Bonn 10005.
180	15 32 2.92	+3.24	+41 31 26.5	−3.6	A. G. Bonn 10047.
181	15 40 41.64	+3.26	+43 2 13.9	−3.6	A. G. Bonn 10125, Paris III 19604.
182	15 42 18.43	+3.26	+43 16 26.6	−3.6	Strassburg und Lyon Anschluss an *183,
183	15 46 3.21	+3.26	+43 9 8.6	−3.6	1/4 W. 14^h 1115 + 3/4 A. G. Bonn 10175.
184	15 48 33.67	+3.27	+44 59 57.4	−3.6	A. G. Bonn 10192.
185	15 49 26.85	+3.27	+44 49 21.9	−3.6	A. G. Bonn 10201.
186	15 53 59.22	+3.27	+44 39 5.3	−3.7	B. B. VI.
187	15 56 30.99	+3.28	+45 44 15.2	−3.7	A. G. Bonn 10259.
188	15 59 39.03	+3.28	+46 19 1.6	−3.8	Rümker 5285, Paris I, II, III 20089, B. B. VI, Kam. 3155, Brüssel 6421, A. G. Bonn 10297, Di Legge e Giacom. 1550 (Rümker in δ ausgeschlossen).
	E. B. Bonn $+0^s.0052$ $-0''.064$.				
189	16 1 7.71	+3.28	+46 36 53.6	−3.8	Strassburg Anschluss an *190.
190	16 1 8.02	+3.28	+46 36 55.9	−3.8	A. G. Bonn 103111.
191	16 4 7.80	+3.28	+46 28 31.3	−3.8	A. G. Bonn 10334.
192	16 4 8.40	+3.28	+46 29 26.3	−3.8	Strassburg Anschluss an *194.
193	16 7 50.78	+3.28	+47 13 52.6	−3.7	B. B. VI, A. G. Bonn 10383.
194	16 9 12.15	+3.28	+46 28 34.9	−3.8	A. G. Bonn 10402.
195	16 10 57.64	+3.29	+47 50 58.1	−4.0	1/3 B. B. VI + 2/3 Bonn 10419.
196	16 11 0.11	+3.28	+46 38 14.9	−3.8	A G. Bonn 10420.
197	16 11 43.87	+3.29	+48 8 30.8	−3.9	A. G. Bonn 10429.
198	16 12 31.23	+3.29	+48 11 55.1	−4.0	A. G. Bonn 10437.
199	16 12 48.80	+3.29	+47 54 59.3	−4.0	B. B. VI.
200	16 17 48.38	+3.29	+48 55 31.2	−4.1	A. G. Bonn 10481.
201	16 18 39.51	+3.29	+48 13 42.2	−4.0	A. G. Bonn 10492.
202	16 25 37.46	+3.30	+49 53 19.9	−4.2	1/6 B. B. VI + 5/6 A. G. Cambr. 5008.
203	16 25 49.90	+3.29	+49 38 11.3	−4.1	A. G. Bonn 10554.
204	16 26 36.75	+3.29	+49 28 39.0	−4.1	A. G. Bonn 10556.
205	16 29 29.25	+3.30	+49 58 11.0	−4.2	A. G. Cambr. 5016.
206	16 29 31.11	+3.30	+49 58 54.3	−4.2	A. G. Cambr. 5017.
207	16 36 30.71	+3.29	+51 15 22.1	−4.5	A. G. Cambr. 5049.
208	16 41 16.17	+3.29	+51 43 40.1	−4.5	A. G. Cambr. 5066, Paris III 21125.
209	16 42 6.69	+3.29	+51 17 42.3	−4.5	A. G. Cambr. 5070.
210	16 42 20.66	+3.29	+50 59 45.0	−4.5	A. G. Cambr. 5071.
211	16 42 28.92	+3.29	+51 35 46.0	−4.5	4/5 A. G. Cambr. 5072 + 1/5 Paris III 21116.
212	16 48 25.24	+3.28	+51 17 57.0	−4.5	A. G. Cambr. 5092, Romberg 3703, Paris III 21321, Batterm. 1036.
213	16 53 58.43	+3.28	+52 51 20.3	−4.8	A. G. Cambr. 5119.
214	16 56 36.22	+3.28	+52 27 38.6	−4.9	A. G. Cambr. 5130, Paris III 21514.
215	16 58 55.12	+3.27	+52 44 57.1	−4.9	A. G. Cambr. 5133.
216	17 2 8.38	+3.27	+52 57 21.6	−4.9	1/2 (B. B. VI 53°1916 + A. G. Cambr. 5148).
217	17 13 15.90	+3.25	+53 45 27.3	−5.3	A. G. Cambr. 5207.
218	17 16 22.14	+3.24	+53 52 8.9	−5.3	A. G. Cambr. 5223.
219	17 19 54.35	+3.24	+53 56 45.5	−5.3	A. G. Cambr. 5239.
220	17 21 52.10	+3.24	+54 27 17.4	−5.3	A. G. Cambr. 5245.
221	17 30 11.26	+3.21	+55 15 11.5	−5.7	E. B. $+0^s.0183 + 0''.048$. B. J. 242 ν_1 Drac.
222	17 30 16.62	+3.21	+55 14 30.0	−5.7	E. B. $+0^s.0179 + 0''.045$. B. J. 243 ν_2 Drac.
223	17 34 31.47	+3.20	+55 1 56.8	−5.7	A. G. Hels. 9367.
224	17 41 19.11	+3.19	+55 12 29.7	−5.8	A. G. Hels. 9430.
225	17 42 1.25	+3.19	+55 11 56.8	−5.8	A. G. Hels. 9436.
226	17 46 23.03	+3.17	+55 20 38.0	−5.8	A. G. Hels. 9471.
227	17 58 45.89	+3.13	+56 27 21.4	−6.2	A. G. Hels. 9584.
228	18 1 0.84	+3.12	+56 21 59.3	−6.2	1/3 B. B. VI + 2/3 A. G. Hels. 9604.

Digitized by Google

Lauf. No.	α 1899.0	Red. ad. l. app.	δ 1899.0	Red. ad. l. app.	Autorität
229	$18^h\ 1^m\ 6^s.16$	$+3^s.12$	$+56°\ 25'\ 16''.7$	$-6''.2$	A. G. Hels. 9606.
230	18 1 7.98	+3.12	+56 25 51.3	−6.2	A. G. Hels. 9607.
231	18 8 14.51	+3.10	+56 15 36.5	−6.3	A. G. Hels. 9674.
232	18 22 40.92	+3.03	+56 51 59.4	−6.7	Arcetri Anschluss an *233.
233	18 23 27.57	+3.03	+56 55 32.9	−6.7	A. G. Hels. 9789.
234	18 29 18.95	+3.01	+56 55 23.6	−6.7	A. G. Hels. 9842.
235	18 29 32.85	+3.01	+56 57 53.1	−6.7	A. G. Hels. 9843.
236	18 30 50.02	+3.00	+56 58 5.5	−6.7	Romberg 4041, A. G. Hels. 9856.
237	18 42 46.28	+2.94	+57 10 29.0	−7.0	A. G. Hels. 9959.
238	18 49 8.28	+2.91	+57 6 13.1	−7.1	A. G. Hels. 10020.
239	18 51 4.40	+2.90	+57 18 12.8	−7.1	A. G. Hels. 10046.
240	18 52 1.22	+2.89	+57 21 30.0	−7.1	Brüssel 7826, A. G. Hels. 10059, Romberg 4124, Greenw. Sec. 10 year, 4773, Di Legge e Giacomelli 1843.
241	19 12 7.08	+2.78	+57 31 50.4	−7.4	A. G. Hels. 10307, Romberg 4216, Heidelberg 4 Mer. in δ
	E. B. Hels. $-0^s.0016$, $-0''.073$.				
242	19 18 24.82	+2.75	+57 27 14.7	−7.4	A. G. Hels. 10399, Di Legge e Giacomelli 1900.
243	19 34 56.55	+2.65	+57 7 22.2	−7.5	A. G. Hels. 10643.
244	19 43 12.83	+2.60	+57 6 9.1	−7.5	A. G. Hels. 10774.
245	20 2 30.16	+2.47	+56 23 10.5	−7.5	A. G. Hels. 11072.
246	20 5 16.47	+2.45	+56 23 11.1	−7.5	A. G. Hels. 11116.
247	20 9 57.51	+2.43	+56 29 52.5	−7.5	A. G. Hels. 11178.
248	20 11 3.10	+2.42	+56 15 30.1	−7.5	B. J. 33 Cygni, E. B. $+0^s.0098$, $+0''.06$.
249	20 24 31.02	+2.33	+55 51 49.3	−7.4	A. G. Hels. 11388.
249a	20 24 59.87	+2.33	+55 51 56.0	−7.4	Philadelphia Anschluss an *249.
250	20 26 55.72	+2.31	+55 43 44.3	−7.4	1/12 (Brüssel 8908+2 A. G. Hels. 11411+2 Rad. 4884+7 Di Legge
251	20 30 10.99	+2.29	+55 37 23.7	−7.4	A. G. Hels. 11465. [e Giacomelli 2072).
252	20 30 32.29	+2.29	+55 40 54.6	−7.4	A. G. Hels. 11468.
253	20 45 2.97	+2.97	+54 45 50.3	−7.3	A. G. Cambr. 6775.
254	20 49 22.28	+2.16	+54 27 2.0	−7.4	A. G. Cambr. 6811.
254a	21 3 41.84	+2.08	+53 32 47.8	−6.9	A. G. Cambr. 6907.
255	21 7 8.22	+2.04	+53 9 3.0	−6.9	1/6 (Brüssel 9325+2 A. G. Cambr. 6935+3 Di Legge e G. 2161).
256	21 8 32.10	+2.04	+53 19 53.1	−6.9	A. G. Cambr. 6943, Greenw. Sec. 10 year, 5776.
257	21 9 52.92	+2.04	+53 3 17.2	−6.8	A. G. Cambr. 6953.
258	21 20 43.04	+1.96	+52 0 52.7	−6.6	A. G. Cambr. 7058.
259	21 21 46.08	+1.95	+52 2 22.1	−6.6	A. G. Cambr. 7069.
260	21 25 39.50	+1.94	+51 39 0.0	−6.4	A. G. Cambr. 7089.
261	21 27 52.85	+1.93	+51 44 53.7	−6.4	A. G. Cambr. 7109, Greenw. Sec. 10 year, 5888, Di Legge e Giac.
262	21 42 23.77	+1.84	+50 12 26.9	−5.9	1/3 (B. B. VI+2 A. G Bonn 15949). [2201).
263	21 45 32.09	+1.83	+50 2 27.4	−5.8	Romberg 4986, A. G. Bonn 16017, A. G. Cambr. 1292, Greenw. Sec. 10 year, 6021.
264	21 45 32.82	+1.83	+50 2 38.7	−5.8	Romberg 4987, A. G. Cambr. 7293, A. G. Bonn 16018, Greenw.
265	21 53 47.07	+1.77	+49 8 51.5	−5.5	A. G. Bonn 16174. [Sec. 10 year, 6022.
266	21 55 50.00	+1.77	+48 38 21.3	−5.4	A. G. Bonn 16221, Greenw. Sec. 10 year, 6085.
267	21 56 31.84	+1.76	+48 33 59.8	−5.4	Armagh 2944, A. G. Bonn 16237, Greenw. Sec. 10 year, 6092.
268	22 6 1.44	+1.71	+47 48 42.8	−5.1	A. G. Bonn 16424.
269	22 7 29.08	+1.69	+47 13 51.5	−5.0	A. G. Bonn 16453.
270	22 8 17.33	+1.69	+47 18 0.4	−5.0	A. G. Bonn 16467.
271	22 14 13.25	+1.66	+46 51 28.4	−4.7	A. G. Bonn 16572.
272	22 15 51.13	+1.65	+46 57 55.0	−4.7	A. G. Bonn 16601, Greenw. Sec. 10 year, 6221.
273	22 16 51.19	+1.64	+46 1 40.0	−4.6	A. G. Bonn 16622, Di Legge e Giacomelli 2311, Cap 1890, 2799.
274	22 21 4.54	+1.61	+45 28 16.8	−4.4	A. G. Bonn 16699.
275	22 22 46.47	+1.61	+45 16 30.9	−4.3	A. G. Bonn 16736.
276	22 23 53.17	+1.61	+45 24 13.6	−4.3	A. G. Bonn 16754.
277	22 25 22.09	+1.61	+45 4 29.1	−4.2	A. G. Bonn 16788.
278	22 25 36.04	+1.61	+45 13 38.1	−4.2	A. G. Bonn 16792.
279	22 25 36.93	+1.61	+45 4 6.3	−4.2	A. G. Bonn 16793.
280	22 30 16.60	+1.57	+44 28 59.1	−3.7	A. G. Bonn 16888.
281	22 34 21.41	+1.55	+43 47 11.9	−3.7	A. G. Bonn 16955, Greenw. Sec. 10 year, 6361.
	E. B. Greenw. $+0^s.0247$, $+0''.052$.				
282	22 36 5.09	+1.54	+43 44 56.2	−3.7	Brüssel 10169, Battermann 1541, A. G. Bonn 16991, Di Legge e Giacomelli 2346.
	E. B. Bonn $+0^s.0076$				

Digitized by Google

Lauf. No.	α 1899.0	Red. ad. l. app.	δ 1899.0	Red. ad. l. app.	Autorität
283	$22^h37^m15^s.85$	$+1^s.54$	$+43°28'23''.9$	$-3''.6$	**A. G. Bonn** 17016.
284	22 38 9.01	+1.55	+43 29 13.4	−3.6	A. G. Bonn 17029.
285	22 43 15.09	+1.51	+41 59 55.4	−3.2	A. G. Bonn 17110.
286	22 45 6.37	+1.50	+42 5 47.3	−3.2	A. G. Bonn 17143.
287a	22 48 2.36	+1.48	+41 52 43.5	−3.0	Genf Anschluss an *287.
287	22 48 7.48	+1.48	+42 1 0.5	−3.0	A. G. Bonn 17191.
288	22 50 8.94	+1.46	+41 58 21.0	−2.9	A. G. Bonn 17223.
289	22 51 19.11	+1.45	+40 47 49.6	−2.8	A. G. Bonn 17245.
290	22 51 34.87	+1.45	+40 29 28.5	−2.7	A. G. Bonn 17252,
291	22 51 51.60	+1.45	+40 37 49.0	−2.7	A. G. Bonn 17261.
291a	22 52 24.48	+1.46	+40 21 35.0	−2.6	A. G. Bonn 17271.
292	22 54 42.99	+1.46	+40 20 31.4	−2.7	1/5 W. $22^h1207 + 4/5$ A. G. Bonn 17314.
293	22 56 9.53	+1.44	+40 5 57.2	−2.5	A. G. Bonn 17342.
294	23 0 56.14	+1.39	+38 46 12.4	−2.0	Hamburg Anschluss an *295.
295	23 4 1.00	+1.39	+38 37 16.6	−2.0	A. G. Lund Z. 38?4939.
296	23 5 1.34	+1.37	+37 8 24.8	−1.7	A. G. Lund Z. 38?5010.
297	23 5 40.27	+1.37	+37 23 30.7	−1.7	A. G. Lund Z. 37?4777.
298	23 6 31.74	+1.37	+37 20 49.9	−1.7	A. G. Lund Z. 37?4782.
299	23 14 2.84	+1.34	+35 56 0.3	−1.2	A. G. Lund Z. 35?5002.
300	23 11 29.78	+1.31	+35 56 51.1	−1.2	A. G. Lund Z. 35?5012.
301	23 16 52.85	+1.31	+36 1 38.8	−1.2	A. G. Lund Z. 35?5015.
302	23 18 57.08	+1.29	+34 22 40.6	−0.8	A. G. Leiden Z. 221. (W. 22^h343 $\delta = 58?06$)
303	23 19 19.84	+1.29	+34 46 35.2	−0.9	$Armagh_2$ 3177, A. G. Leiden Z. 126, 127.
304	23 19 49.05	+1.30	+35 48 27.5	−1.0	A. G. Lund Z. 35?5024.
305	23 20 58.92	+1.29	+34 31 35.5	−0.8	B. B. VI, A. G. Leiden Z. 126.
306	23 26 8.77	+1.29	+34 22 48.7	−0.8	A. G. Leiden Z. 126, 127.
307	23 22 43.93	+1.27	+33 52 36.9	−0.6	W. 23^h431, A. G. Leiden Z. 224, 326, Küstner. (E. B. in δ?)
308	23 25 48.78	+1.25	+33 16 46.0	−0.4	A. G. Leiden Z. 135.
309	23 31 11.32	+1.22	+31 52 48.9	−0.0	A. G. Leiden Z. 118, 123, Küstner.
310	23 32 40.46	+1.21	+31 54 57.1	+0.0	A. G. Leiden Z. 118, 123.
311	23 34 25.13	+1.21	+31 59 37.0	+0.1	A. G. Leiden Z. 389, 391.
312	23 34 35.08	+1.20	+31 54 24.8	+0.1	A. G. Leiden Z. 118.
313	23 34 43.56	+1.19	+30 33 17.5	+0.3	A. G. Leiden Z. 101, 104 (Z. 101 δ = 26', Z. 104 = 25').
314	23 44 32.60	+1.08	+28 16 48.6	+1.4	Greenw. Sec. 10 year, 6779, Küstner. E. B. Greenw. +0?0036,
315	23 49 25.65	+1.07	+27 18 16.4	+1.4	A. G. Cambr. 14341. +0?014.
316	23 54 40.38	+1.10	+26 23 10.3	+1.3	Brüssel 10746, A. G. Cambr. 14389.
317	23 55 13.80	+1.09	+26 21 24.8	+1.4	Brüssel 10749, A. G. Cambr. 14394, Küstner. E. B. +0?0035,
318	23 55 20.12	+1.04	+25 16 57.9	+1.7	A. G. Cambr. 14395, A. G. Berlin B. 9197. [−0?084.

§ 4. Zusammenstellung der Beobachtungen und Vergleichung mit der Ephemeride.

Beobachtungen des Kometen finden sich in folgenden Zeitschriften und Annalen:

Astronomische Nachrichten
Monthly Notices
Comptes rendus
Astronomical Journal
Greenwich Observations 1899
Osservazioni astronomiche fatte all'Equatoriale di Arcetri nel 1899 da Antonio Abetti.

Alle in diesen Quellen vorkommenden vollständigen Beobachtungen habe ich mit der in § 2 gegebenen Ephemeride verglichen. Die Parallaxen sind mit dem Newcomb'schen Werthe der Sonnenparallaxe 8".848 neu gerechnet worden. In Fällen, wo die von mir gerechneten Werthe nicht genügend mit den von den Beobachtern gegebenen Werthen übereinstimmten, habe ich die Rechnung einmal nach Bauschinger's Formeln und Tafel XXXII, und ein zweites Mal nach den Tafeln von Rebeur-Paschwitz ausgeführt. Grössere Abweichungen werden in dem nachfolgenden Verzeichnisse bei den einzelnen Sternwarten aufgeführt werden. Bei allen Beobachtungen habe ich die von mir in § 3 gegebenen Sternörter zu Grunde gelegt und die

Digitized by Google

Werthe Komet—Stern direkt angebracht. Von mehreren Beobachtern sind mir auf meine Anfrage noch zahlreiche Berichtigungen zugegangen, die bei der Vergleichung bereits berücksichtigt sind.

Das Verzeichniss ist nach Sternwarten geordnet. Die Bedeutung der einzelnen Werthe ergiebt sich aus den Ueberschriften. Die Beobachtungszeiten sind noch nicht für Aberration korrigirt und die Rektascensionen und Deklinationen des Kometen noch nicht auf den Erdmittelpunkt reduzirt. Von den zahlreichen Bemerkungen in den Publikationen habe ich wegen Raummangels nur solche aufgenommen, die auf die Gewichtsbestimmung von Einfluss sind.

1899	Mittlere Zeit Berlin	✳	Komet—Stern in α	Komet—Stern in δ	α app. ☌	δ app. ☌	Par. in α	Par. in δ	B.—R. in α	B.—R. in δ	Beobachter
					Algier.						
	C. R. CXXVIII, pag. 871. Beobachter: Trépied, Rambaud, F. Sy. Instrument: Equatorial coudé.										
März 5	$8^h\,12^m\,45^s.3$	69	$-0^m\,37^s.46$	$+13'\,3''.1$	$3^h\,44^m\,9^s.14$	$-26°\,7'\,31''.2$	$+0^s.43$	$+8''.9$	$-0^s.23$	$-1''.0$	T
5	8 27 11.3	69	−0 40.95	+13 56.7	3 44 5.65	−26 6 37.6	+0.46	+8.8	−0.25	−1.4	R
5	8 34 24.3	69	−0 43.27	+14 21.1	3 44 3.33	−26 6 13.2	+0.47	+8.7	−0.84	−4.1	S
17	8 33 20.3	29	+0 40.25	− 9 5.3	2 52 43.09	−10 55 58.2	+0.46	+5.7	+0.01	+7.1	S
17	8 44 57.3	29	+0 39.12	− 8 33.7	2 52 41.96	−10 55 26.6	+0.47	+5.6	+0.50	+8 4	R
18	7 46 20.3	26	+1 35.89	− 5 15.3	2 49 31.48	− 9 56 37.5	+0.41	+5.8	−0.45	+1.9	S
18	7 57 51.3	26	+1 34.45	− 4 45.3	2 49 30 04	− 9 56 7.5	+0.43	+5.7	−0.29	+2.7	R
19	8 1 16.3	25	−1 0.84	−15 29.2	2 46 17.23	− 8 56 23.7	+0.43	+5.5	+0 39	+5.2	S
19	8 11 38.3	25	−1 2.24	−15 7.8	2 46 15.83	− 8 56 2.4	+0.43	+5.4	+0.43	+0.0	R
					Arcetri.						
	Pubbl. del R. Osservatorio di Arcetri, Fascicolo No. 12, A. N. 3554, 3556, 3589, 3617; brieflich Korrekturen. Beobachter: A. Abetti. Instrument: Aequatoreal (Amici).										
März 6	$7^h\,42^m\,2^s.8$	63	$+0^m\,37^s.99$	$+3'\,11''.2$	$3^h\,38^m\,42^s.41$	$-24°\,40'\,46''.3$	$+0^s.40$	$+9''.2$	$-0^s.49$	$-2''.4$	
6	7 42 2.8	64	+0 17.08	+ 5 51.2	3 38 42 73	−24 40 47.8	+0.40	+9.2	−0.17	− 3.9	
6	7 42 2.8	66	−3 11.72	+ 1 40.2	3 38 42 70	−24 40 51.8	+0.40	+9.2	−0.20	− 7.9	
15	8 10 2.8	37a	−0 27.25	+ 7 43.1	2 59 38.50	−13 6 5.7	+0.43	+6.8	−0.31	− 3 0	
15	8 10 2.8	39	−0 51.65	+ 0 59.5	2 59 38.78	−13 6 4.4	+0.43	+6.8	−0.03	− 1.7	
16	7 59 52.8	34	+0 42.66	− 9 24.7	2 56 11.74	−12 1 4.1	+0.42	+6.7	−0.83	− 4.1	
17	7 47 25.8	29	+0 47.38	−11 11.7	2 52 50.22	−10 58 4.6	+0.40	+6.5	+0.69	+ 0.9	
18	8 2 27.8	26	+1 34.49	− 4 48.8	2 49 30.08	− 9 56 11.0	+0.41	+6.3	+0.35	−11.9	
Mai 12	13 50 36.8	303	+1 13 93	−11 48.0	23 20 35.06	+34 34 46.3	−0.68	+6.9	+0.73	− 5.2	
13	14 33 11.8	300	−2 15.54	+ 4 0.6	23 14 15.56	+36 0 50.5	−0.71	+5.9	+1.08	− 5.5	
13	14 33 11.8	301	−2 38.79	− 0 47.2	23 14 15.37	+36 0 50.4	−0.71	+5.9	+0.90	− 5.6	
14	14 27 42.8	298	+1 3.33	—	23 7 36.44	—	−0.74	—	+1.33	—	
14	14 27 42.8	297	+1 54.70	—	23 7 36.34	—	−0.74	—	+1.23	—	
14	14 38 40 8	207	—	+ 4 42.5	—	+37 28 11.5	—	+5.5	—	− 5.0	
14	14 38 40 8	298	—	+ 7 23.6	—	+37 28 11.8	—	+5.5	—	− 4.7	
16	14 56 5.8	290	+0 34.00	+ 3 33.6	22 53 10.32	+40 32 59.3	−0.76	+4.4	+1.59	− 3.9	
16	14 56 5.8	291	+0 16.75	− 4 48.3	22 53 9.80	+40 32 58.0	−0.76	+4.4	+1.07	− 5.2	
17	14 17 11.8	286	−1 30.79	+ 0 45.1	22 43 37.08	+42 6 29.2	−0.83	+5.0	+1 81	− 4.6	
17	14 17 11.8	285	+0 20.48	+ 6 39.0	22 43 37.08	+42 6 31.2	−0.83	+5.0	+1.81	− 2.6	
18	14 19 57.8	282	−2 13.44	+ 0 7.4	22 33 53.19	+43 44 59.9	−0.86	+4.4	+1.96	− 1.9	
18	14 19 57.8	281	−0 29.67	− 2 6.4	22 33 53.29	+43 45 1.8	−0.86	+4.4	+2.06	− 0.0	
19	14 47 0.8	275	+0 6.83	+10 20.6	22 22 54.91	+45 26 47.2	−0.83	+3.0	+2.20	+ 0.2	
19	14 47 0.8	274	+1 48.66	− 1 25.6	22 22 54.81	+45 26 46.8	−0.83	+3.0	+2.10	− 0.2	
20	15 8 17.8	270	+2 24.36	− 9 10.4	22 10 43.38	+47 8 45.0	−0.77	+1.8	+1.77	+ 2.9	
20	15 8 17.8	269	+3 12.89	− 5 2.6	22 10 43.66	+47 8 43 9	−0.77	+1.8	+2.05	+ 1.8	
21	14 38 25.8	267	+1 5.01	+12 27.0	21 57 38.61	+48 46 21.4	−0.86	+1.8	+2.29	+ 4.5	
21	14 38 25.8	266	+1 46.82	+ 8 5.8	21 57 38.59	+48 46 21.7	−0 86	+1.8	+2.27	+ 4.8	
30	11 52 34.8	240	−1 53.97	− 4 22.1	18 50 10.14	+57 17 0.8	−0.89	−1.7	+1.19	+14.9	
30	11 52 34.8	239	−0 56.64	− 1 5.1	18 50 10.66	+57 17 0.6	−0.89	−1.7	+1.71	+14.7	
31	12 42 20 8	233	+0 53.95	− 2 36.4	18 24 24.55	+56 52 49.8	−0.44	−3.2	+1.19	+13.7	
31	12 42 20.8	232	+1 40.59	+ 0 57.1	18 24 24.54	+56 52 49.8	−0.44	−3.2	+1.18	+13.7	
Juni 1	10 57 48.8	229	+1 6.54	−10 30.0	18 2 15.82	+56 14 40.5	−0.85	−1.4	+1.08	12.9	
1	10 57 48.8	227	+3 26.49	−12 31.8	18 2 15.51	+56 14 43.4	−0.85	−1.4	+0.77	+15.8	
2	9 42 38.8	225	−1 9.64	+ 9 43.3	17 40 54.80	+55 21 34.3	−1.03	+0.2	+1.02	+18.3	
2	9 42 38.8	224	−0 27.89	+ 9 10.5	17 40 54.41	+55 21 34.4	−1.03	+0.2	+0.63	+18.4	
3	10 20 6.8	219	−0 25.89	+13 42.0	17 19 31.70	+54 10 22.2	−0.73	−1.2	+0.93	+15.9	
5	9 57 18.8	211	+1 8.34	−12 12.9	16 43 40.55	+51 23 28.6	−0.58	−0.9	+0.10	+11.8	
5	9 57 18.8	209	+1 31.10	+ 5 48.7	16 43 41.08	+51 23 26.5	−0.58	−0.9	+0.73	+ 9.7	
6	9 18 39.8	206	−0 53.22	− 6 15.5	16 28 41.19	+49 52 34.6	−0.62	−0.2	+0.11	+ 9.3	
6	9 18 39.8	205	−0 51.16	− 5 34.3	16 28 41.39	+49 52 32.5	−0.62	−0.2	+0.31	+ 7.2	

Digitized by Google

1899	Mittlere Zeit Berlin	*	Komet — Stern		α app. ☄	δ app. ☄	Par.		B. — R.	
			in α	in δ			in α	in δ	in α	in δ
Arcetri. (Fortsetzung).										
Juni 7	9h 58m 21s.8	198	+1m 58s.36	+ 1′ 33″.6	16h 14m 32s.88	+48° 13′ 24″.7	−0s.35	−0″.7	+0s.25	+16″.0
7	9 58 21.8	197	+2 45.89	+ 4 55.1	16 14 33.05	+48 13 22.0	−0.35	−0.7	+0.42	+13.3
8	12 17 24.8	188	+1 27.97	+ 6 41.5	16 1 10.28	+46 25 39.3	+0.33	−0.3	−0.45	+ 7.0
12	12 39 30.8	177	−2 18.05	− 0 14.0	15 24 22.03	+40 2 7.7	+0.47	+2.0	−0.02	+ 6.5
27	10 8 55.8	152	−0 32.21	− 5 15.8	14 28 5.93	+23 17 29.1	+0.20	+3.0	−0.38	+ 1.5
28	9 47 43.8	151	−1 34.08	−10 28.4	14 26 26.02	+22 31 43.1	+0.17	+3.0	−0.43	+ 3.0
28	9 47 43.8	150	−1 2.50	+ 0 15.7	14 26 26.27	+22 31 42.6	+0.17	+3.0	−0.18	+ 2.5
29	10 17 14.8	½(142+143)	+1 32.84	− 3 31.9	14 24 51.47	+21 46 15.9	+0.22	+3.1	−0.12	+ 3.2
Juli 3	10 2 22.8	126	+1 11.08	+ 4 24.2	14 19 52.65	+19 5 33.9	+0.20	+3.1	−0.12	− 3.3
4	10 12 51.8	132	−1 31.82	−13 44.6	14 18 52.43	+18 28 52.5	+0.21	+3.2	−0.34	− 1.6
7	10 2 43.8	112	+1 23.25	+ 1 29.2	14 16 24.58	+16 47 32.9	+0.20	+3.1	−0.09	− 2.3
10	10 45 47.8	106	−0 15.20	− 9 46.1	14 14 4.94	+14 46 56.4	+0.23	+3.4	+0.27	− 2.9

März 6: Oss. astr. statt +3′51″.2 lies +5′51″.2; statt 24°45′ lies 24°40′.
„ 16: A. N. 3556 und Oss. astr. statt −2″.9 lies −1″.9.
„ 17: Oss. astr. statt 7m 32s lies 7m 38s; statt +5m 47″.38 lies +0m 47″.38.
Mai 12: A. N. 3589 statt −10′18″.0 lies 11′48″.0; statt +34°36′17″.0 lies 34°34′47″.0.
„ 14: Beobachtung durch Wolken unterbrochen. Beobachtungszeit um +10m geändert.
„ 20: Beobachtung durch Wolken gestört. Oss. astr. statt 22h 19m lies 22h 10m.
Juni 29: Oss. astr. statt +22°46′ lies 21°46′.

Bamberg.

A. N. 3554, 3556. Beobachter: E. Hartwig. Instrument: Heliometer.

März 6	7h 47m 34s.2	61	+1m 2s.27	+18′ 7″.5	3h 38m 41s.87	−24° 40′ 26″.5	+0s.36	+9″.7	+0s.17	−2″.2
9	8 5 20.2	54	+0 26.85	−16 57.9	3 23 44.58	−20 26 55.2	+0.39	+8.7	+1.85	−0.3
11	7 34 18.2	50	+0 19.17	− 4 43.6	3 15 4.18	−17 52 16.0	+0.35	+8.5	−0.12	+4.7
11	7 54 6.2	52	−1 5.67	+ 1 56.7	3 15 1.05	−17 51 15.5	+0.38	+8.3	+0.22	−3.8
13	7 47 36.2	42	+1 9.61	−36 46.9	3 7 4.09	−15 24 37.6	+0.37	+7.9	+0.40	+5.7
14	7 42 54.2	41	+0 46.22	− 6 18.8	3 3 19.41	−14 14 58.7	+0.36	+7.7	−0.19	+2.2
15	7 37 14.2	36	+2 1.94	−18 41.1	2 59 43.25	−13 7 28.1	+0.36	+7.6	−0.48	+6.5
15	7 55 18.2	39	−0 49.71	+ 0 16.5	2 59 40.72	−13 6 47.4	+0.37	+7.5	−0.33	+7.0
16	7 33 9.2	34	+0 45.84	−10 32.7	2 56 14.92	−12 2 12.2	+0.35	+7.4	+0.11	+0.3
17	7 37 55.2	29	+0 48.36	−11 33.4	2 52 51.20	−10 58 26.4	+0.35	+7.2	+0.30	+4.5
19	7 57 3.2	25	−1 0.42	−15 53.0	2 46 17.65	− 8 56 47.5	+0.36	+6.8	+0.25	−8.2
21	7 49 16.2	21	+0 53.62	−12 36.5	2 40 2.76	− 7 3 7.1	+0.36	+6.5	−0.17	+0.7
24	7 24 13.2	13	+0 41.96	−25 39.7	2 30 58.59	− 4 25 4.0	+0.34	+6.1	−0.34	+3.2
25	7 48 48.2	13	−2 20.87	+25 21.9	2 27 55.76	− 3 34 2.3	+0.33	+6.0	+0.81	+2.7
Mai 16	13 13 21.2	292	−1 59.30	+ 5 45.0	22 52 45.15	+40 26 13.7	−0.74	+7.3	+0.66	−1.1
16	13 37 23.2	289	+1 15.71	−20 4.2	22 52 36.27	+40 27 42.6	−0.73	+7.3	+0.14	−8.0

März 9: Wolken. März 16: Nur 1 Einstellung vor Verschwinden in Dunst und Nebel.
„ 21: Luft schlecht; Sterne aufgeblasen. März 24: Beobachtungszeit um −20m korr.

Besançon.

A. N. 3554, C. R. CXXVIII pag. 721, A. N. 3611. Beobachter: P. Chofardet. Instrument: Equatorial coudé.

März 6	7h 51m 42s.7	61	+1m 1s.23	+18′ 25″.6	3h 38m 40s.83	−24° 40′ 8″.4	+0s.35	+9″.6	+0s.05	− 0″.7
11	7 53 22.7	52	−1 5.94	+ 1 58.2	3 15 0.78	−17 51 14.0	+0.37	+8.3	−0.19	+ 7.6
13	8 17 19.7	47	—	—	—	−15 23 13.4	—	+7.6	—	+ 1.6
13	8 20 56.7	47	−4 12.20	−13 3.5	3 6 57.94	—	+0.40	—	−0.40	—
14	7 39 23.7	41	+0 47.14	− 6 29.9	3 3 20.33	−14 15 9.8	+0.36	+7.6	+0.20	+ 1.1
14	8 3 45.7	41	+0 43.43	− 5 21.3	3 3 16.62	−14 14 1.2	+0.38	+7.6	+0.29	− 0.2
15	7 43 12.7	39	−0 47.88	− 0 16.0	2 59 42.55	−13 7 19.9	+0.36	+7.4	−0.31	− 2.4
16	7 43 0.7	34	+0 44.72	−10 5.6	2 56 13.80	−12 1 45.0	+0.36	+7.2	+0.41	+ 0.9
17	7 40 17.7	33	−1 49.11	+ 6 58.1	2 52 50.21	−10 58 11.2	+0.36	+7.0	−0.35	+13.4
18	7 55 54.7	26	+1 34.63	− 4 53.2	2 49 30.22	− 9 56 15.4	+0.37	+6.8	−0.45	+ 0.7
Mai 2	15 21 7.7	2	+2 22.87	−13 47.9	0 4 43.24	+23 91 46.0	+0.44	+6.4	−0.44	+ 4.1
4	15 15 45.7	318	+2 2.36	− 6 42.9	23 57 23.52	+25 23 42.5	−0.48	+6.5	+0.42	− 3.0
4	15 37 58.7	318	+1 58.92	+ 7 36.0	23 57 20.08	+25 24 35.6	−0.48	+6.3	+0.33	− 4.5
5	15 24 43.7	317	−1 44.60	+ 2 12.8	23 53 30.29	+26 23 39.0	−0.49	+6.4	+0.04	− 3.5
12	15 5 41.7	303	+0 54.75	− 7 31.3	23 20 15.88	+34 39 3.0	−0.63	+6.3	+0.11	− 5.4
13	15 8 4.7	300	−2 25.60	+ 6 7.9	23 14 5.49	+36 2 57.8	−0.66	+6.1	+0.37	− 2.5

Digitized by Google

1899	Mittlere Zeit Berlin	✶	Komet – Stern in α	Komet – Stern in δ	α app. ☄	δ app. ☄	Par. in α	Par. in δ	B.–R. in α	B.–R. in δ	Beobachter
Besançon. (Fortsetzung)											
Mai 17	14h45m59s.7	286	−1m42s.84	+ 2′46″.6	22h43m25s.03	+42° 8′30″.2	−0s.78	+5″.3	+0s.90	− 0″.1	
18	12 56 15.7	281	+0 4.87	− 7 56.1	22 34 27.83	+43 39 12 1	−0.86	+7.9	+0.85	− 0.4	
18	12 56 15.7	282	−1 38.57	− 5 40.8	22 34 28.06	+43 39 11.7	−0.86	+7.9	+1.08	− 0.8	
26	11 53 50.7	251	+1 32.61	− 5 29.6	20 28 30.61	+55 38 7.3	−1.21	+3.8	+1.52	+ 4.9	
27	12 13 22.7	245	+2 23.08	+ 7 27.0	20 4 55.71	+56 30 30.0	−1.14	+1.9	+1.39	+ 6.0	
29	12 39 40.7	241	+2 32.60	−10 52.7	19 14 42.46	+57 20 50.3	−0.85	−0.8	+0.70	+11.7	
30	12 51 9.7	240	−2 56.16	− 4 59.3	18 49 7.96	+57 16 23.6	−0.65	−1.7	+0.84	+11.8	
31	12 51 29.7	236	−6 38.46	− 5 25.2	18 24 14.56	+56 52 33.6	−0.48	−2.1	+0.15	+11.2	
Juni 1	13 28 41.7	228	−1 15.76	−12 25.8	17 59 48.20	+56 9 27.3	−0.11	−2.5	−0.02	+11.0	
8	11 1 24.7	188	+2 4.43	+11 57.9	16 1 46.74	+46 30 55.7	−0 08	+0.2	−0.69	+12.6	
9	10 40 24.7	186	−2 57.90	+15 3.6	15 51 4.59	+44 54 5.8	−0.11	+0.6	−0.45	+ 2.6	
10	10 32 30.7	181	+0 40.63	+15 31.3	15 41 25.53	+43 17 41.6	−0.08	+0.9	−0 69	+ 6.4	
12	12 38 29.7	177	−2 17.97	− 0 9.7	15 24 22.02	+40 2 12.0	+0.38	+2.3	−0.43	+ 7.2	
13	12 0 43.7	175	−2 55.97	+ 2 24.7	15 17 39.13	+38 35 15.9	+0.30	+2.2	−0.56	+ 9.6	
14	12 7 45.7	172	+0 13.06	− 3 32.6	15 11 24.95	+37 8 39.1	+0.33	+2.6	−0.70	+ 6.6	
15	13 6 25.7	170	+1 27.81	+ 5 14.6	15 5 36.55	+35 42 32.5	+0.46	+3.6	−0.72	+ 5.8	
27	10 36 36.7	152	−0 34.51	− 6 12.4	14 28 3.63	+23 16 32.5	+0.20	+3.5	−0.65	+ 0.2	
Juli 7	11 6 40.7	112	+1 20.87	+ 0 5.4	14 16 22.21	+16 46 9.1	+0.23	+3.6	−0.55	− 0.1	
10	11 19 17.7	99	+1 23.22	− 6 52.3	14 14 32.73	+15 14 44.1	+0.23	+3.6	−0.40	+ 0.5	
10	11 19 17.7	114	−1 23.14	− 6 20.2	14 14 32.75	+15 14 45.5	+0.23	+3.6	−0.38	+ 1.9	

März 13: Beobachtung nahe am Horizont und durch Dunst und Nebel. Juni 9: $\log f p \Delta$ in δ lies 9.562 statt 9_n562.
Mai 2: Korrigirt vom Beobachter. Vergleichstern und Komet waren an verschiedenen Fäden beobachtet.
„ 4: „ „ „ Trommelablesung 112t statt 102t.

Bethlehem, Pa.

A. J. 461, 472. Beobachter: John H. Ogburn.

Mai 12	13h38m35s.8	44	+3m23s.66	+5′12″.7	3h 9m59s.75	−16°19′12″.6	+0s.44	+7″.2	+0s.09	− 5″.9	
16	13 7 37.8	34	−0 1.87	+4 20.7	2 55 27.28	−11 47 18.6	+0.40	+6.5	+0.25	− 2.7	
17	13 10 46.8	27	+2 49.55	+7 8.2	2 52 4.37	−10 44 7.7	+0.40	+6.3	−0.30	− 1.9	
Juni 3	15 8 25.8	218	−0 51.47	+2 58.7	17 15 33.91	+53 55 2.3	−0.98	−0.4	−0.29	+14.4	
7	15 46 54.8	195	−0 25.49	−0 59.6	16 11 26.44	+47 49 54.5	−0.34	−1.4	−0.50	+25.5	
8	15 13 24.8	188	+0 5.46	−5 15.0	15 59 47.77	+46 13 42.8	−0.40	−0.8	−0.19	+12.2	

Bordeaux.

C. R. CXXVII, pag. 443,657. Beobachter: F. Courty, G. Rayet, A. Féraud. Instrument: Aequatorial.

März 11	8h10m51s.7	52	−1m 8s.76	+ 2′57″.5	3h14m57s.96	−17°50′14″.7	+0s.37	+8″.1	+0s.02	+ 3″.9	C
12	8 18 14.6	45a	+3 17.56	− 9 7.3	3 10 52.84	−16 35 27.7	+0.40	+7.9	+0.26	− 4.5	R
16	8 16 42.6	34	+0 40.17	− 8 34.8	2 56 9.25	−12 0 14.2	+0.39	+7.3	+0.71	+ 1.3	R
17	8 9 12.2	33	−1 53.26	+ 8 0.2	2 52 46.06	−10 57 9.1	+0.38	+6.8	−0.47	+ 0.2	C
18	8 24 28.6	26	+1 30.90	− 3 38.6	2 49 26.49	− 9 55 0.9	+0.39	+6.6	−0.28	+ 3.2	R
20	8 24 46.6	24a	−0 58.49	+ 8 27.5	2 43 4.32	− 7 57 49.3	+0.39	+6.3	−0.17	− 2.0	R
21	8 19 1.8	18	+1 51.46	+ 2 21.7	2 39 59.07	− 7 1 54.3	+0.38	+6.0	−0.04	+ 4.6	C
Mai 18	12 37 19.5	282	−1 30.31	− 7 1.3	22 34 36.32	+43 37 51.2	−0.86	+8.9	+1.19	− 2.1	R
30	10 42 6.7	238	+2 12.64	+11 23.6	18 51 23.83	+57 17 29.6	−1.31	+2.5	+0.31	+ 9.7	F
31	10 16 53.6	236	−3 59.77	− 1 59.4	18 26 53.25	+56 55 59.5	−1.28	+2.4	+0.61	+14.5	F
Juni 2	10 43 3.8	225	−2 5.14	+ 6 59.6	17 39 59.30	+55 18 50.6	−0.95	0.0	+0.24	+13.5	R
3	10 51 1.4	219	−0 52.13	+12 5.3	17 19 5.46	+54 8 45.5	−0.78	−0.6	+0.24	+16.9	R
5	10 29 28.1	211	+0 46.38	−14 16.4	16 43 18.59	+51 21 25.1	−0.63	−0.4	−0.17	+10.9	R
6	11 57 21.2	203	+1 10.79	+ 3 59.6	16 27 3.98	+49 42 6.8	−0.21	−1.2	−0.91	+11.6	F
13	11 36 37.8	175	−2 49.10	+ 3 56.4	16 27 46.14	+38 36 45.7	+0.16	+1.4	−0.26	+10.4	R
14	11 25 59.4	171	+3 3.77	− 1 21.2	15 11 35.24	+37 11 4.1	+0.15	+1.6	−0.78	+ 3.5	R
16	11 39 32.0	169	−2 12.95	+ 6 52.2	15 0 52.29	+34 28 1.5	+0.22	+2.2	−1.09	+ 6.5	F
25	11 17 35.0	153	+1 32.53	+ 1 29.7	14 31 50.53	+24 54 15.6	+0.23	+3.2	−0.90	+ 5.0	R
26	11 9 58.1	156	−2 10.66	+ 0 19.7	14 29 51.48	+24 3 58.0	+0.22	+3.2	−0.46	+ 6.0	R
27	11 31 41.4	147	+2 49.23	− 3 1.6	14 28 2.	+23 13	+0.25	+3.4	—	—	R
Juli 4	11 38 9.0	132	−1 35.12	−15 45.5	14 18 49.13	+18 26 51.6	+0.25	+3.5	−0.25	+ 4.7	R
5	10 46 26.0	116	+1 47.22	− 5 5.3	14 17 56.54	+17 53 3.6	+0.20	+3.2	−0.77	+ 3.5	F
7	10 40 30.9	112	+1 21.13	+ 0 40.8	14 16 22.47	+16 46 44.5	+0.19	+3.2	−1.10	0.0	F
8	11 7 27.3	121	−2 0.04	− 9 58.5	14 15 41.77	+16 14 36.5	+0.22	+3.3	−0.61	− 5.5	F
9	11 10 11.2	93	+2 23.46	+ 0 32.2	14 15 5.26	+15 44 15.0	+0.22	+3.3	−0.73	− 1.3	R
13	11 11 43.8	89	+0 53.69	+ 0 13.1	14 13 15.07	+13 52 25.1	+0.21	+3.2	−0.56	+ 2.5	R
14	11 32 39.7	109	−1 30.67	− 1 44.2	14 12 55.06	+13 26 22.6	+0.22	+3.2	−0.46	+10.3	R
15	11 46 38.4	78	+2 8.56	+ 2 19.2	14 12 37.57	+13 1 1.1	+0.23	+3.2	−0.77	+ 4.5	R

Juni 6: Beobachtungszeit um −1h geändert; auch korrespondirt die gegebene Sternzeit nicht mit der Beobachtungszeit.
„ 16: Beobachtungszeit um +1h geändert, da sie dann der gegebenen Sternzeit entspricht.

Digitized by Google

1899	Mittlere Zeit Berlin	✳	Komet—Stern in α	Komet—Stern in δ	α app. ☄	δ app. ☄	Par. in α	Par. in δ	B.—R. in α	B.—R. in δ
Denver.										
A. J. 474. Beobachter: H. A. Howe. Instrument: 20 zöll. Refraktor.										
Juni 21	17h11m55s.5	160	−1m50s.04	− 3′45″.3	14h41m 9s.39	+28° 25′ 44″.3	+0s.09	+1″.8	−0s.80	+5″.8
21	17 30 15.5	161	−1 56.10	−13 6.8	14 41 7.44	+28 24 56.0	+0.12	+1.9	−0.49	+4.1
21	17 42 43.5	159	−0 58.15	+ 4 54.1	14 41 5.83	+28 24 27.7	+0.16	+1.9	−0.54	+7.6
26	19 59 42.5	155	−2 26.84	+ 4 32.7	14 29 9.23	+23 45 50.2	+0.39	+3.4	−0.91	+1.9
26	20 22 44.5	152a	+0 2.83	+ 9 17.3	14 29 7.42	+23 45 5.1	+0.41	+3.6	−0.92	+3.7
27	19 14 21.5	141	+4 36.12	−10 17.2	14 27 26.09	+22 59 41.5	+0.33	+3.1	−0.68	+3.9
27	19 32 1.5	137	+6 5.85	−17 49.5	14 27 24.76	+22 59 7.3	+0.35	+3.2	−0.73	+4.1
29	17 49 56.5	139	+2 40.06	− 1 19.3	14 24 23.26	+21 32 40.5	+0.21	+2.6	−0.78	+4.5
29	18 4 22.5	129	+4 51.98	− 5 19.5	14 24 22.39	+21 32 13.2	+0.24	+2.7	−0.75	+3.2
Juli 5	17 20 17.5	94	+4 56.56	− 6 38.0	14 17 42.64	+17 43 41.8	+0.18	+2.6	−0.76	+3.1
5	17 33 25.5	102	+3 41.80	− 5 38.8	14 17 42.23	+17 43 22.5	+0.20	+2.7	−0.69	+2.6
5	17 39 57.5	133	−3 9.06	− 9 6.2	14 17 42.17	+17 43 9.7	+0.21	+2.7	−0.51	−1.0
6	17 11 32.5	108	+2 32.48	+ 2 35.0	14 16 55.05	+17 10 27.0	+0.17	+2.6	−0.69	+4.0
6	17 21 2.5	122	−0 58.10	− 8 59.2	14 16 54.53	+17 10 12.4	+0.18	+2.6	−0.90	+2.4
6	17 32 4.5	128	−2 12.95	− 8 22.5	14 16 54.29	+17 9 55.4	+0.20	+2.7	−0.77	+0.7
6	17 43 50.5	130	−2 51.28	− 8 57.4	14 16 54.01	+17 9 42.8	+0.21	+2.7	−0.67	+4.1
25	17 4 2.5	74	+2 55.30	− 5 9 7	14 11 50.20	+ 9 21 55.3	+0.17	+2.4	−0.89	+3.0
25	17 16 49.5	73	+3 2.36	+12 17.1	14 11 50.47	+ 9 21 45.4	+0.18	+2.4	−0.66	+3.0
27	16 38 6.5	124	−6 24.77	− 8 30.6	14 12 2.86	+ 8 45 38.0	+0.15	+2.3	−0.35	−0.1
27	16 56 25.5	125	−6 24.81	− 8 48.7	14 12 2.79	+ 8 45 26.4	+0.17	+2.4	−0.50	+2.1
31	17 6 57.5	75	+3 47.96	+ 1 25.6	14 12 43.76	+ 7 37 0.5	+0.17	+2.4	−0.51	+1.3
31	17 23 2.5	120	−4 40.75	+ 8 55.4	14 12 43.92	+ 7 36 45.4	+0.18	+2.4	−0.48	−2.9
Aug. 7	16 43 48.5	119	−2 34 12	+ 9 46.1	14 14 39 02	+ 5 50 42.8	+0.16	+2.2	−0.52	−0.8
7	16 56 32.5	136	−6 16.79	− 5 48.0	14 14 39.22	+ 5 50 33.4	+0.16	+2.2	−0.49	−2.6
8	17 46 47.5	81	+3 55.53	− 1 51.9	14 15 0.44	+ 5 36 4.6	+0.18	+2.2	−0.35	+1.4
8	17 46 47.5	119	−2 12.75	− 4 57.2	14 15 0.38	+ 5 35 59.6	+0.18	+2.2	−0.41	−3.5
10	16 36 10.5	135	−5 11.94	− 9 15.6	14 15 42.61	+ 5 9 23.9	+0.15	+2.1	−0.48	−0.2
10	16 36 10.5	87	+3 32.94	− 5 33.7	14 15 42.54	+ 5 9 24.0	+0.15	+2.1	−0.55	−0.1

21. Juni: 2. Beob. Die Beobachtungszeit habe ich von 9h30m53s in 9h36m53s geändert.

Genf.

A. N. 3556. Beobachter: J. Pidoux. Instrument: 10 zöll. Aequatorial.

März 17	7h48m 2s.1	33	− 1m49s.97	+ 7′14″.6	2h52m49s.35	−10° 57′ 54″.7	+0s.37	+ 6″.9	−0s.13	+ 9″.6
18	7 52 17.1	26	+ 1 34.73	− 4 57.1	2 49 30.32	− 9 56 19.3	+0.37	+ 6.7	−0.83	+ 6.0
21	7 51 19.1	18	+ 1 54.03	+ 1 19.7	2 40 2.55	− 7 2 56.3	+0.36	+ 6.2	−0.13	+ 6.5
25	7 58 49.1	17	− 8 49.78	+ 4 53.2	2 27 54.04	− 3 33 49.8	+0.36	+ 5.7	+0.40	− 6.0
27	7 54 24.1	15	−11 28.34	− 6 39.8	2 21 49.34	− 1 57 23.4	+0.35	+ 5.5	+1.16	−11.3
28	7 40 27.1	10	+ 1 43.97	+ 9 52.4	2 18 48.14	− 1 10 46.9	+0.34	+ 5.4	+0.05	+10.4
Mai 17	10 27 33.1	287a	− 3 1.68	− 1 48.2	22 45 2.16	+41 50 52.3	−0.57	+11.6	−0.42	− 3.9
18	11 41 59.1	282	− 1 8.50	−10 53.5	22 34 58.13	+43 33 59.0	−0.80	+ 9.8	−0.27	− 5.3
19	10 26 40.1	278	− 0 42.49	− 5 9.5	22 24 55.16	+45 8 24.4	−0.71	+11.5	+0.45	− 6.4
22	10 1 58.1	½ 263/264)	+ 0 8.74	+ 2 32.6	21 45 43.02	+50 4 59.9	−0.91	+11.2	+0.18	− 5.8
26	10 0 7.1	251	+ 0 3.42	− 3 57.8	20 30 16.70	+55 33 18.5	−1 28	+ 8.1	+1.31	+ 5.0
26	10 47 13.1	250	+ 2 34.76	− 8 26.8	20 29 32.77	+55 35 9.8	−1.30	+ 6.2	+1.19	− 4.1
27	9 50 29.1	248	− 3 48.00	+10 33.8	20 7 17.53	+56 25 56 5	−1.33	+ 7.4	+0.73	+ 1.1
29	9 46 24.1	242	− 0 40.47	− 7 18.5	19 17 47.10	+57 19 48.8	−1.37	+ 5.3	+1.43	+ 4.7
30	9 35 14.1	240	+ 0 30.46	− 3 24.7	18 52 34.57	+57 17 58.2	−1.35	+ 4.4	+0.58	+ 6.4
31	9 43 41.1	236	− 3 25.87	− 1 20.8	18 27 27.15	+56 56 37.0	−1.26	+ 2.9	+0.53	+ 9.7
Juni 2	10 29 57.2	221	+ 9 56.27	+ 4 12.0	17 40 10.74	+55 19 17.8	−0.88	− 0.6	−0.10	+ 5.5
4	11 2 53.1	213	+ 5 55.52	− 3 38.4	16 59 57.23	+52 47 37.1	−0.46	− 1.1	−2.89	+13.0
5	10 11 22.1	212	− 4 58.05	+ 4 48.3	16 43 30.47	+51 22 40.8	−0.58	− 0.2	−0.47	+18.2
7	10 7 17.1	198	+ 1 52.32	+ 0 49.3	16 14 26.84	+48 12 40.5	−0.38	0.0	−1.00	+ 8.7
9	9 58 56.1	184	+ 2 45.27	− 2 56.9	15 51 22.21	+44 56 56.9	−0.26	+ 0.5	−0.74	+ 5.4
10	10 1 30.1	182	− 0 44.55	+ 3 32.2	15 41 37.14	+43 19 55.2	−0.13	+ 0.8	−0.98	+15.7
13	10 40 42.1	175	− 2 33.69	+ 7 27.5	15 18 1.55	+38 40 16.8	+0.07	+ 1.5	−0.25	+16.8
26	10 23 15.1	156	− 2 7.51	+ 1 49.3	14 29 54.63	+24 5 27.5	+0.18	+ 3.3	−1.08	− 0.8
27	10 33 15.1	152	− 0 34.20	− 6 5.9	14 28 3.94	+23 16 39.0	+0.20	+ 3.4	−0.59	− 0.1
30	11 10 55.1	134	+ 2 30.84	− 1 43.3	14 23 22.51	+21 2 6.6	+0.25	+ 3.6	−0.95	+10.7

März 17: Nur eine Pos. mit Mikrometer.
März 25 und 27: Vergleichstern wurde einige Minuten vor Untergang des Kometen sichtbar.
Mai 17: Vergleichstern war falsch identifizirt.

Digitized by Google

1899	Mittlere Zeit Berlin	*	Komet—Stern in α	Komet—Stern in δ	α app.	δ app.	Par. in α	Par. in δ	B.—R. in α	B.—R. in δ	Beobachter	Instrument

Göttingen.

A. N. 3554, 3601, 3602. Beobachter: W. Schur (Sch), L. Ambronn (A).
Instrument: 6 zöll. Heliometer (H), Kometensucher (K) mit Kreuzstabmikrometer.

März 13	7h 39m 6s.5	45	+0m 1s.60	− 6′ 38″.5	3h 7m 5s.19	−15° 25′ 6″.3	+0s.34	+8″.1	+0s.12	+ 2″.4	A	K
14	7 34 51.5	41	+0 48.48	− 6 44.1	3 3 21.67	−14 15 24.0	+0.34	+8.0	+0.82	+ 0.3	A	K
Mai 18	12 47 21.5	282	−1 35.71	− 6 22.7	22 34 30.92	+43 38 29.6	−0.79	+8.1	+0.10	− 5.9	Sch	H
24	11 42 3.3	255	+3 6.23	+ 3 43.1	21 10 16.49	+53 12 39.2	−1.07	+6.3	+2.64	− 9.0	A	K
24	11 42 3.3	257	+0 20.69	+ 9 25.3	21 10 15.65	+53 12 35.7	−1.07	+6.3	+1.80	−12.5	A	K
29	11 50 56.5	242	−2 54.61	− 6 39.6	19 15 32.98	+57 20 27.7	−0.91	+1.0	−0.44	+ 2.9	Sch	H
30	10 30 34.0	240	−0 27.35	− 3 46.6	18 51 36.76	+57 17 36.3	−1.08	+2.6	+1.31	+10.5	A	K
30	11 27 40.0	240	−1 28.20	− 4 15.6	18 50 35.91	+57 17 7.3	−0.89	+0.9	+0.75	+10.2	A	K
30	12 27 5.5	240	−2 38.62	− 4 54.5	18 49 25.49	+57 16 28.4	−0.63	−0.5	−6.91	+ 3.6	Sch	H
31	11 29 7.9	236	−5 12.85	− 3 36.0	18 25 40.17	+56 54 22.8	−0.75	+0.3	+1.86	+10.9	A	K
31	12 7 11.5	236	−5 53.21	− 4 31.3	18 24 59.81	+56 53 27.5	−0.58	−0.5	+0.50	+ 6.1	Sch	H
Juni 1	11 1 27.5	230	+0 57.79	−10 51.7	18 2 8.89	+56 14 53.4	−0.74	+0.4	−2.20	+35.0	Sch	H
1	11 13 35.9	½(229/230)	+0 50.69	−11 18.4	18 2 0.88	+56 14 9.4	−0.69	−0.1	+1.59	+17.7	A	K
2	10 57 56.0	½(221/222)	+9 31.25	+ 3 1.5	17 39 48.40	+55 17 46.5	−0.62	+0.2	+3.09	−11.0	A	K
2	11 1 8.5	225	−2 22.56	+ 6 8.3	17 39 41.88	+55 17 59.3	−0.60	+0.1	−0.51	+10.3	Sch	H
4	10 24 3.2	215	+1 30.80	+ 5 3.9	17 0 29.19	+52 49 56.1	−0.51	+0.6	−0.12	+16.7	A	K
4	10 45 43.5	215	+1 15.31	+ 3 45.8	17 0 13.70	+52 48 38.0	−0.42	+0.3	+0.75	+14.7	Sch	H
5	10 36 39.5	212	−5 13.98	+ 3 6.3	16 43 14.54	+51 20 58.8	−0.36	+0.5	+0.90	+12.8	Sch	H
5	10 48 33.4	211	+0 38.93	−15 44.2	16 43 6.14	+51 19 57.3	−0.31	+0.4	+0.58	− 3.5	A	K
5	10 48 33.4	208	+1 46.25	−23 38.2	16 43 5.71	+51 19 57.4	−0.31	+0.4	+0.15	− 3.4	A	K
5	13 34 0.5	210	−1 13.43	+ 9 35.7	16 41 10.52	+51 9 26.2	+0.40	+0.7	−3.45	− 3.0	Sch	H
7	10 41 10.3	198	+1 34.95	− 1 30.2	16 14 9.47	+48 10 20.9	−0.16	+0.9	+0.02	+ 7.3	A	K
7	10 41 10.3	197	+2 22.82	− 1 53.6	16 14 9.98	+48 10 20.4	−0.16	+0.9	+0.53	+ 6.8	A	K
10	12 15 42.4	181	+0 3.00	+ 8 37.2	15 40 47.89	+43 10 47.5	+0.31	+2.3	+1.29	+ 6.7	A	K
10	12 33 28.5	181	−0 3.35	+ 7 25.1	15 40 41.54	+43 9 35.4	+0.35	+2.5	+1.36	+ 1.9	Sch	H
12	11 19 15.5	177	−1 43.62	− 8 3.1	15 24 44.05	+40 7 8.7	+0.19	+2.6	−2.64	+ 4.1	Sch	H

März 14: Wegen tiefen Standes keine Details wahrnehmbar.

Juni 1 u. 12: Nach einer Bemerkung im Tagebuch war das Mikrometer schlecht orientirt (Mittheilung von Prof. L. Ambronn.)

Juni 2: Mangelhafte Luftverhältnisse.

Juni 5: 13h34m (Sch) Beobachtung unvollständig, *log p* Δ in δ lies 9.377 statt 0.377.

Juni 10: Die Position ist nicht recht sicher, da bei der Niederschrift ein Versehen vorgekommen zu sein scheint.

Greenwich.

M. N. LIX, pag. 542; A. N. 3585. Greenwich Observations 1899. Beobachter: Witchell am 6. und 7. Mai am 6,7 zöll. Refraktor. Im übrigen photographische Positionen am 26 zöll. Refraktor (Thompson).

Mai 6	16h 9m 59s.9	315	−0m 5s.03	+ 9′ 29″.7	23h 49m 21s.69	+27° 27′ 47″.5	−0s.47	+6″.6	+0s.19	− 1″.7
7	15 40 46.9	314	+0 40.42	+14 29.1	23 45 14.10	+28 31 19.1	−0.49	+7.0	−0.16	− 3.5
25	12 3 7,9				20 50 2.97	+54 32 13.4	−1.12	+6.0	+1.33	+ 5.4
26	11 32 40.9				20 28 50.40	+55 37 14.7	−1.16	+6.0	+1.50	+ 7.0
29	12 55 45.9				19 14 25.60	+57 20 53.4	−0.81	+0.3	+0.91	+11.6
30	11 38 5.9				18 50 25.03	+57 15 4.7	−0.99	+1.7	+0.75	+14.2
31	10 56 28.9				18 26 12.49	+56 55 6.9	−1.01	+2.2	+0.59	+13.6
Juni 2	11 26 44.9				17 39 19.45	+55 16 55.8	−0.66	+0.4	+0.08	+14.3
5	11 22 38.9				16 42 42.15	+51 18 4.2	−0.33	+0.4	−0.47	+13.1
6	11 21 34.9				16 27 25.86	+49 44 25.4	−0.23	+0.6	−0.53	+ 9.5
9	10 58 49.9				15 50 56.62	+44 52 57.7	−0.11	+1.6	−0.50	+11.1
10	11 54 20.9				15 40 54.07	+43 12 18.4	+0.12	+1.9	−0.80	+11.8
10	12 34 10.9				15 40 38.90	+43 9 37.7	+0.24	+2.1	−0.77	+10.8
11	11 7 10.9				15 32 33.48	+41 40 27.6	−0.00	+2.1	−0.97	+10.4
12	11 38 54.9				15 24 39.95	+40 6 0.0	+0.13	+2.5	−0.82	+ 9.8
15	11 29 14.9				15 5 57.87	+35 48 1.5	+0.17	+3.2	−1.16	+ 6.2
16	11 28 36.9				15 0 54.75	+34 28 32.9	+0.18	+3.3	−0.86	+ 3.6

A. N. 3585 sind an Stelle der für Mai 30, 31, Juni 15, 16 gegebenen Beobachtungen die obigen Werthe zu setzen. Die in den Gr. Obs. gegebenen log. fact. par. weichen von den von mir gerechneten Werthen durchgängig ab.

Digitized by Google

1899	Mittl. Zeit Berlin	✳	Komet—Stern in α	Komet—Stern in δ	α app. ✓	δ app. ✓	Par. in α	Par. in δ	B.—R. in α	B.—R. in δ	Beobachter
Hamburg.											
A. N. 3566 und mündlich. Beobachter: R. Schorr (Sch); A. Scheller (Sl). Instrument: 9½ zöll. Refraktor mit Fadenmikrometer.											
März 12	7h48m54s8	48	−1m36s36	+4′ 10″0	3h10m56s85	−16° 37′ 2″6	+0s34	+8″5	−0s66	− 9″2	Sch
Mai 5	14 24 50.1	317	−1 37.04	+0 13.2	23 53 37.85	+26 21 39.4	−0.43	+7.4	+0.09	− 5.1	Sch
5	14 24 50.1	316	−1 3.57	−1 30.5	23 53 37.91	+26 21 41.1	−0.43	+7.4	+0.15	− 3.4	Sch
5	14 50 15.2	316	−1 5.75	−1 3.4	23 53 35.73	+26 22 8.2	−0.43	+7.3	−0.08	− 6.6	Sl
5	14 50 15.2	317	−1 39.16	+0 42.8	23 53 35.73	+26 22 9.0	−0.43	+7.3	−0.08	− 5.8	Sl
12	12 7 31.1	306	−0 10.46	+6 7.6	23 20 59.60	+34 28 55.5	−0.48	+9.8	+0.19	− 2.2	Sch
12	12 26 40.5	306	−0 15.39	+7 15 0	23 20 54.67	+34 30 2.9	−0.50	+9.5	−0.07	− 0.2	Sl
13	12 49 41.6	299	+0 38.15	−1 15.9	23 14 42.31	+35 54 43.2	−0.55	+9.1	+0.31	− 2.1	Sch
13	12 49 41.6	300	−1 48.99	−2 8.8	23 14 42.08	+35 54 41.4	−0.55	+9.1	+0.08	− 3.9	Sch
30	11 48 5.0	240	−2 4.06	−4 34.4	18 50 0.05	+57 16 49.1	−0.71	+0.5	+0.94	+10.8	Sch
30	11 48 5.0	239	−1 7.13	−1 15.6	18 50 0.17	+57 16 50.1	−0.71	+0 5	+1.06	+11.8	Sch
31	11 9 21.5	236	−4 53.75	−3 4.9	18 25 59.22	+56 54 53.9	−0.80	+1.2	+0.67	+16.6	Sl
31	11 15 37.3	235	−3 43.76	−3 4.7	18 25 52.10	+56 54 41.7	−0.77	+1.0	−0.01	+12.5	Sl
31	11 15 37.3	234	−3 29.56	−0 35.2	18 25 52.40	+56 54 41.7	−0.77	+1.0	+0.29	+12.5	Sl
Juni 5	11 58 28.3	209	+0 7.55	−1 54.3	16 42 17.53	+51 15 43.5	−0.00	+0.5	−0.70	+ 9.1	Sch
7	12 32 43.0	197	+1 21.11	−5 39.9	16 13 8.27	+48 2 47.0	+0.25	+1.6	−0.90	+ 9.1	Sch
10	12 48 28.8	181	−0 11.78	+6 14.4	15 40 33.12	+43 8 24.7	+0.38	+3.1	−1.01	− 4.2	Sl
16	12 25 54.9	169	−2 21.81	+4 14.0	15 0 43.43	+34 25 23.2	+0.36	+4.5	−0.54	+ 1.7	Sch

Juni 7: Bei einer nachträglichen Revision des Tagebuchs ergab sich, dass die Beobachtungszeit um +0m15s zu verbessern ist. Die dieser Verbesserung entsprechenden Werthe B.—R. lauten daher −0s75 und +7″9.

Jena.

A. N. 3556. Beobachter: W. Winkler.

März 13	6h59m10s0	45	+0m2s14	−7′ 14″0	3h7m5s73	−15° 25′ 41″8	+0s31	+8″3	−5s73	+85″4

Jena.

A. N. 3554, 3692 und brieflich. Beobachter: O. Knopf. Instrument: Refraktor.

März 14	7h37m17s1	45	+0m47s48	−6′ 39″9	3h3m20s67	−14° 15′ 19″8	+0s35	+8″0	+0s20	−2″5
Juni 11	11 30 51.1	180	+0 19.40	+7 17.9	15 32 25.56	+41 38 52.8	+0.21	+2.3	−0.64	+8.8

Kap der guten Hoffnung.

A. N. 3607. Beobachter: R. T. A. Innes. Instrument: 7 zöll. Aequatorial mit Repsold Mikrometer.

März 6	8h36m23s3	64	+0m4s74	+9′32″1	3h38m30s39	−24°37′6″8	+0s60	−3″1	−0s09	+6″6

A. N. 3607: $\log f p \Delta$ in δ lies o_n394 statt o_n764

Kàsan.

A. N. 3725. Beobachter: M. V. Baranof. Instrument: Aequatorial (Merz).

Mai 3	12h11m23s8	1	+0m43s27	− 2′ 6″6	0h1m35s44	+24°19′ 13″0	−0s37	+ 7″3	+0s36	−11″9
9	10 59 32.8	313	+2 19.43	+ 2 20.3	23 37 4.18	+20 35 38.1	−0.45	+ 8.5	+0.00	− 4.3
10	10 56 28.8	312	−2 26.47	− 5 44.2	23 32 9.81	+31 48 40.7	−0.47	+ 8.6	−0.12	− 5.1
14	9 37 57.8	296	+3 55.05	+ 1 22.7	23 8 57.76	+37 9 45.2	−0.53	+ 9.8	−0.56	− 0.0
16	8 38 9.8	293	−1 52.56	+ 2 15.8	22 54 18.41	+40 8 10.5	−0.53	+10.8	−0.50	+ 1.7
17	9 29 45.8	288	−4 46.27	−11 19.1	22 45 24.13	+41 46 59.0	−0.64	+ 9.7	−0.33	− 5.8
18	9 41 7.8	284	−2 21.45	− 3 24.3	22 35 49.11	+43 25 45.5	−0.70	+ 9.3	+0.16	− 0.6
20	11 3 0.8	271	−1 24.74	—	22 12 50.17	—	−0.76	—	+0.23	—
20	11 18 10.8	271	—	+ 1 10.4	—	+46 52 34.1	—	+ 6.3	—	+ 1.4
21	10 47 6.8	267	+3 17.69	− 3 33.5	21 59 51.29	+48 30 20.9	−0.79	+ 6.2	+0.54	+ 1.7
22	9 5 51.8	264	+0 44.27	—	21 46 18.92	—	−0.86	—	+0.36	—
22	9 7 55.8	264	—	− 0 56.2	—	+50 1 36.7	—	+ 8.4	—	+ 5.6
23	8 58 23.8	260	+4 34.77	− 3 44.9	21 30 16.21	+51 35 8.7	−0.92	+ 7.7	+0.62	+ 0.8
25	9 8 55.8	254a	+3 7.68	− 3 32.9	20 52 32.12	+54 23 21.7	−0.99	+ 5.9	+0.23	− 4.1
26	9 43 42.8	251	+0 17.68	− 4 38.3	20 30 30.96	+55 32 38.0	−0.92	+ 3.9	+0.48	+ 1.8
28	8 36 14.8	244	+0 54.37	− 5 6.9	19 44 9.80	+57 0 54.7	−1.00	+ 4.0	+0.46	+ 7.2

Mai 3: Sternort war in δ fehlerhaft angegeben. Mai 10 und 16: Red. ad. l. app. war falsch angegeben.
„ 18: Red. ad. l. app. in δ war mit falschem Vorzeichen angebracht.
„ 22: Statt +0′56″2 lies −0′56″2. Mai 23: Beobachtungszeit um −1h geändert.
„ 28: Red. ad. l. app. lies +2s60 statt +2s32; red. ad. l. app. war in δ nicht angebracht.

Digitized by Google

1899	Mittl. Zeit Berlin	✳	Komet—Stern in α	Komet—Stern in δ	α app. ☄	δ app. ☄	Par. in α	Par. in δ	B.—R. in α	B.—R. in δ	Beobachter	Instrument
Königsberg.												
A. N. 3655. Beobachter: F. Cohn. Instrument: 13 zöll. Refraktor.												
Mai 12	12h 18m 2s.8	306	−0m 12s.92	+6′ 23″.2	23h 20m 57s.14	+34° 29′ 11″.1	−0s.52	+9″.1	+0s.27	−23″.1		
12	12 55 1.8	305	−0 12.01	+0 2.2	23 20 48.20	+34 31 36.9	−0.54	+8.4	+0.37	− 3.8		
17	11 53 35.8	285	—	−3 8.0	—	+41 56 44.2	—	+9.0	—	− 2.2		
17	12 0 17.8	286	−0 39.76	—	22 44 28.10	—	−0.68	—	+0.61	—		
17	12 14 6.8	285	+1 6.58	—	22 44 23.18	—	−0.69	—	+0.94	—		
17	12 40 15.8	286	—	−5 51.0	—	+41 59 53.1	—	+7.9	—	− 3.1		
18	11 12 54.8	283	−2 5.77	+3 40.0	22 35 11.11	+43 32 0.3	−0.70	+9.7	+1.09	− 3.8		
22	10 57 59.8	264	−0 26.55	+6 20.4	21 45 8.10	+50 8 53.3	−0.90	+8.3	+1.22	+ 0.3		
22	11 49 16.8	262	+2 9.77	−0 0.1	21 44 35.38	+50 12 20.9	−0.89	+6.8	+1.55	+ 1.0		
24	9 47 2.8	257	+1 50.87	+3 3.0	21 11 45.83	+53 6 13.4	−0.96	+8.9	+1.37	+ 8.5		
30	10 3 8.8	240	+0 0.68	−3 30.3	18 52 4.79	+57 17 52.6	−0.96	+2.8	+0.89	+13.0		
Juni 2	10 16 30.8	224	−0 59.42	+7 35.5	17 40 22.88	+55 19 59.4	−0.57	+1.0	+0.20	+13.2		
2	10 42 4.8	224	−1 22.74	—	17 39 59.56	—	−0.47	—	+0.09	—		
15	12 23 41.8	170	+1 37.22	—	15 5 45.96	—	+0 41	—	−0.78	—		
15	12 43 46.8	170	—	+6 31.9	—	+35 43 49.8	—	+5.2	—	+ 8.3		
28	11 11 50.8	150	−1 8.80	−2 27.8	14 26 19.97	+22 28 59.1	+0.27	+4.8	−0.73	+ 0.1		
29	11 15 50.8	145	+0 35.54	—	14 24 46.99	—	+0.27	—	−0.93	—		
29	11 33 58.8	145	—	−6 56.4	—	+21 43 54.4	—	+4.9	—	+ 2.8		
Juli 6	11 46 0.8	118	+0 18.23	−5 13.6	14 17 5.43	+17 17 51.1	+0.25	+4.7	−0.66	+ 2.6		
7	11 2 12.8	115	—	−2 47.0	—	+16 46 13.6	—	+4.4	—	− 0.8		
7	11 32 28.8	115	+0 18.16	—	16 16 21.27	—	+0.24	—	−0.71	—		

Mai 12: Komet ohne deutlichen Kern, später tritt zuweilen ein deutlicher Kern etwas exzentrisch zur hellen Mitte hervor, sodass der Unterschied in den beiden Anschlüssen vielleicht hierauf zurückzuführen ist.
„ 17: Beim ersten Vergleichstern gingen mehrere Durchgänge durch schlechtes Funktioniren des Chronographen verloren.
„ 22: Erster Anschl. bei vielfachen Wolken nur sehr mässig; zweiter nach längerer Pause bei scharf sichtbarem Kern recht gut.
Juni 28: α mässig, δ gut. Juni 29: leidlich. Juli 6: Komet an der Grenze der Sichtbarkeit, Beobachtung nur sehr mässig.

Königsstuhl bei Heidelberg.

a) Astrophysikalisches Observatorium.

A. N. 3554. Photographische Positionen, beobachtet von M. Wolf, ausgemessen von A. Schwassmann.

März 6	7h 39m 28s.4	60	+1m 5s.27	−42′ 48″.8	3h 38m 4s.79	−24° 40′ 59″.5	+0s.34	+9″.8	+1s.23	−5″.2		
6	7 39 28.4	61	+1 5.65	+17 36.2	3 38 45.25	−24 40 57.8	+0.34	+9.8	+1.69	−3.5		

b) Astrometrisches Observatorium.

A. N. 3572, 3642 und brieflich. Beobachter: W. Valentiner (V), L. Courvoisier (C).
Instrument: 8zöll. Merz'scher Refraktor mit Fadenmikrometer (R), 6zöll. Meridiankreis (M) von Repsold.

März 13	8h 5m 58s.0	45	−0m 2s.67	—	3h 7m 0s.92	—	+0s.38	—	+0s.17	—	C	R
13	7 59 15.0	45	—	−5′ 27″.3	—	−15° 23′ 55″.1	—	+7″.8	—	− 9″.0	C	R
14	8 0 4.0	41	—	−5 31.4	—	−14 14 11.3	—	+7.8	—	+ 0.5	C	R
14	8 0 40.0	41	+0 43.62	—	3 3 16.82	—	+0.37	—	−0.04	—	C	R
16	8 6 46.0	34	—	−8 50.1	—	−11 0 29.5	—	+7.2	—	+12.5	C	R
16	8 8 5.0	34	+0 41.12	—	2 56 10.20	—	+0.37	—	+0.41	—	C	R
17	8 3 46.0	33	—	+7 35.6	—	−10 57 33.7	—	+7.1	—	−10.1	C	R
17	8 11 18.0	33	−1 54.55	—	2 52 44.77	—	+0.37	—	−1.47	—	C	R
21	7 57 54.0	18	+1 53.20	+1 16.3	2 40 0.82	− 7 2 59.7	+0.35	+6.5	−1.02	−11.8	C	R
Mai 13	13 13 26.8	300	—	−0 47.9	—	+35 56 1.9	—	+8.4	—	− 3.0	C	R
13	13 35 59.5	300	−2 1.62	—	23 14 29.47	—	−0.64	—	−0.17	—	C	R
18	12 34 41.7	282	—	−7 24.6	—	+43 37 27.9	—	+8.7	—	−14.5	C	R
19	12 36 39.3	275	—	+0 57.2	—	+45 17 23.8	—	+7.9	—	−13.5	C	R
19	12 46 18.0	275	+1 1.83	—	22 23 49.91	—	−0.87	—	+0.24	—	C	R
30	14 33 8.1	—	—	—	18 47 19.61	+57 15 26.3	—	−2.2	+0.27	+17.6	C	M
Juni 1	13 37 59.3	—	—	—	17 59 39.15	+56 9 13.0	—	−1.9	0.00	+17.1	C	M
2	13 11 39.8	—	—	—	17 37 44.15	+55 12 15.2	—	−1.6	−0.46	+14.0	C	M
4	12 24 53.6	—	—	—	16 58 57.43	+52 42 43.8	—	−0.9	−0.96	+10.5	C	M
5	12 4 15.8	—	—	—	16 42 14.04	+51 15 27.4	—	−0.5	−0.29	+14.2	C	M
6	11 45 20.4	—	—	—	16 27 11.14	+49 42 53.7	—	−0.1	−0.75	+11.7	C	M
9	10 57 33.7	—	—	—	15 50 56.60	+44 52 59.6	—	+1.0	−1.00	+ 7.3	C	M
10	10 43 46.6	—	—	—	15 41 20.69	+43 16 57.4	—	+1.2	−1.13	+ 7.7	C	M
11	10 31 25.0	—	—	—	15 32 45.75	+41 42 45.0	—	+1.7	−0.88	+ 8.1	C	M
12	10 19 57.4	—	—	—	15 25 4.13	+40 10 58.5	—	+1.9	−0.85	+ 8.2	C	R
12	11 43 23.7	179	—	+3 43.8	—	+40 6 5.5	—	+2.3	—	+32.1	V	R
12	12 6 31.9	179	−2 8.34	—	15 24 31.65	—	+0.32	—	−0.54	—	V	R
13	10 9 1.9	—	—	—	15 18 9.51	+38 42 6.0	—	+2.2	−1.04	+10.6	C	M
13	11 11 37.8	175	—	+5 29.0	—	+38 38 18.3	—	+2.4	—	+12.5	V	R

Digitized by Google

1899	Mittlere Zeit Berlin	✳	Komet—Stern in α	Komet—Stern in δ	α app. ☄	δ app. ☄	Par. in α	Par. in δ	B.—R. in α	B.—R. in δ	Beobachter	Instrument
Königsstuhl bei Heidelberg. (Fortsetzung).												
Juni 13	11h41m29s.7	175	−2m51s.23	—	15h17m44s.01	—	+0s.26	—	−0s.97	—	C	R
16	12 19 47.0	169	—	+4′45″.3	—	+34°25′54″.5	—	+3″.7	—	+11″.3	C	R
16	13 16 18.9	169	−2 32.44	—	15 0 32.80	—	+0.46	—	−1.03	—	C	R
19	13 36 15.9	162	—	−0 41.9	—	+30 44 11.5	—	+5.1	—	+ 6.4	C	R
19	14 3 36.5	162	+1 16.84	—	14 48 1.46	—	+0.48	—	−0.90	—	C	R

März 14: Minute unsicher, da Sekundenpunkte am Schlusse der Beobachtung ausblieben.
„ 17: Tiefer Stand. März 21: Sehr tiefer Stand. Komet stets verwaschen und schwer zu pointiren.
Mai 18: Komet anfangs längere Zeit durch Cirruswolken verdeckt, später wieder Wolken.
Juni 4: Kern stark verwaschen. Juni 9: δ ziemlich unsicher. Sternbilder bei starkem Winde ganz schlecht.
„ 10: δ recht unsicher. Juni 12 u. 13. (V): Beobachtungen unsicher. Juni 13. (C): Komet schwach, aber sichere Beobachtung.
März 14 und 16: ☄—✳ in Rectascension, März 17: ☄—✳ in beiden Koordinaten für Refraktion verbessert.
Juni 2: A. N. 3642 lies 17h37m44s.00 statt 17h38m44s.15 und +55°12′15″.2 statt +55°15′5″.6.
„ 12: lies 15h24m31s.53 statt 15h24m29s.91. Mai 19: lies Bonn 16736 statt 16739, *log p Δ* in α lies 9.838 statt 9.738.

Kremsmünster.

A. N. 3611. Beobachter: Fr. Schwab.

März 14	7h25m52s.3	41	+0m49s.79	−7′ 4″.6	3h 3m22s.98	−14°15′44″.5	+0s.37	+7″.6	+0s.78	+5″.2
15	7 27 23.3	39	−0 44.93	−1 0.9	2 59 45.50	−13 8 4.8	+0.37	+7.4	+0.32	−3.0
Mai 10	14 52 13.3	311	−3 6.03	+1 24.6	23 31 20.31	+32 1 1.7	−0.57	+6.3	+0.49	−3.9
17	14 50 25.3	286	−1 44.58	+3 2.3	22 43 23.29	+42 8 46.4	−0.71	+4.5	+0.93	−2.7
18	14 36 49.3	281	−0 37.93	−0 52.2	22 33 45.03	+43 46 16.0	−0.75	+4.4	+1.14	+4.5
19	14 43 36.3	276	−0 59.52	+2 16.4	22 22 55.26	+45 26 25.7	−0.75	+3.6	+1.01	−6.4

März 14, Mai 17, Mai 19: Kern verwaschen. Mai 18: A. N. 3611 lies −0m37s.93 statt −0m37s.39.

Lemberg.

A. N. 3622. Beobachter: W. Laska (L), M. Ernst (E). Instrument: Refraktor von Fraunhofer mit Ring-Mikrometer.

März 8	6h42m40s	56	−0m38s.07	+ 4′ 9″.6	3h28m42s.36	−21°54′14″.1	+0s.35	+ 9″.2	+ 0s.61	− 45″.6	L
9	6 41 52	54	−0 24.86	−11 32.3	3 22 52.87	−20 21 29.6	+0.35	+ 9.0	− 5.86	+606.7	L
10	6 49 32	53	+1 15.87	+16 5.3	3 19 27.36	−19 11 34.7	+0.36	+ 8.7	− 0.92	+ 6.1	L
11	6 44 13	52	−0 53.17	− 1 36.0	3 15 13.55	−17 54 48.2	+0.36	+ 8.5	+ 0.56	+ 4.5	L
13	6 52 12	45	+0 9.23	− 8 49.3	3 7 12.82	−15 27 17.1	+0.36	+ 7.9	+ 0.29	+ 10.4	L
13	7 17 7	45	+0 4.86	—	3 7 8.45	—	+0.39	—	− 0.08	—	E
April 26	14 41 57	5	+1 15.63	−11 45.1	0 26 7.59	+18 40 16.1	−0.36	+ 6.0	+35.88	+ 62.9	L
28	14 39 45	4	+2 4.35	− 2 19.2	0 19 49.96	+20 15 15.3	−0.38	+ 6.2	+67.83	+322.8	L
Mai 1	14 32 9	3	+1 39.39	−17 53.8	0 8 28.23	+22 36 43.0	−0.41	+ 6.0	+ 4.89	− 28.3	L
1	14 50 48	3	+1 34.85	—	0 8 23.69	—	−0.41	—	+ 3.29	—	E
3	14 28 31	1	+0 20.47	+ 3 24.1	0 1 12.66	+24 24 43.8	−0.44	+ 6.5	− 1.54	− 1.1	L
11	14 3 45	308	+0 21.72	− 1 36.0	23 26 11.75	+33 15 9.6	−0.58	+ 6.6	− 0.72	− 15.6	L
13	13 8 49	300	−1 54.76	− 1 8.7	23 14 36.33	+35 55 41.2	−0.64	+ 7.3	+ 0.24	− 13.8	E
14	13 24 49	298	+1 21.01	+ 3 2.2	23 7 54.16	+37 23 50.4	−0.66	+ 6.8	+ 0.90	+ 8.2	E
15	13 6 4	295	−3 18.39	+15 38.5	23 0 44.00	+38 52 53.1	−0.70	+ 7.0	+ 0.35	+ 16.1	E
18	12 15 35	282	−1 22.29	− 8 57.0	22 34 44.34	+43 35 55.5	−0.82	+ 7.3	+ 0.14	− 29.6	E
18	12 16 28	281	+0 21.33	−10 29.4	22 34 44.29	+43 36 38.8	−0.82	+ 7.3	+ 0.39	+ 6.4	E
19	9 35 28	275	+2 30.37	−11 45.2	22 25 18.45	+45 4 41.4	−0.70	+11.2	− 0.02	− 15.9	E
19	9 35 28	278	−0 19.14	− 8 40.1	22 25 18.51	+45 4 53.8	−0.70	+11.2	+ 0.04	− 3.5	E
20	10 15 57	272	−2 38.47	−10 2.0	22 13 14.31	+46 47 48.3	−0.85	+ 9.8	− 0.21	− 23.2	E
22	9 15 9	264	+0 39.27	− 0 37.6	21 46 13.92	+50 1 55.3	−0.90	+10.7	+ 1.18	− 2.8	L
22	11 4 17	264	−0 29.70	+ 8 31.0	21 45 4.95	+50 11 3.9	−1.01	+ 7.2	+ 2.01	+104.4	E
24	10 12 27	256	+2 51.46	+ 0 28.1	21 11 25.60	+53 20 14.3	−1.12	+ 7.3	+ 2.99	+752.5	E
26	9 12 37	252	+0 26.73	−10 16.5	20 31 1.31	+55 30 30.7	−1.21	+ 7.5	+ 1.57	− 42.9	L
26	9 12 37	251	+0 47.97	− 6 37.4	20 31 1.25	+55 30 38.9	−1.21	+ 7.5	+ 1.51	− 34.7	L
27	12 51 45	246	−1 3.34	+ 8 45.9	20 4 15.58	+56 31 49.5	−0.67	− 0.6	+ 0.07	+ 14.1	E
Juni 1	10 47 37	230	+1 12.50	−11 4.4	18 2 23.60	+56 14 40.7	−0.57	− 0.8	− 1.28	− 8.2	E
2	11 0 49	225	−2 22.35	—	17 39 42.09	—	−0.36	—	− 0.56	—	E
2	11 0 49	224	−1 40.42	—	17 39 41.88	—	−0.36	—	− 0.35	—	E
5	9 17 37	211	+1 33.92	− 9 55.7	16 44 6.13	+51 25 45.8	−0.48	+ 0.4	− 1.14	− 0.3	E
16	10 49 39	168	−1 59.75	+11 9.5	—	—	+0.31	+ 3.5	—	—	E

Diese Reihe habe ich bei der Bildung der Normalörter ganz ausgeschlossen. Ich unterlasse es daher, hier auf Einzelheiten näher einzugehen.

Digitized by Google

1899	Mittlere Zeit Berlin	✳	Komet—Stern in α	Komet—Stern in δ	α app. ☄	δ app. ☄	Par. in α	Par. in δ	B.—R. in α	B.—R. in δ

Liverpool.

M. N. LX, pag. 521. Beobachter: W. E. Plummer.

März 7	7h 56m 34s.4	58	−2m 40s.70	+ 1′ 17″.9	3h 33m 24s.54	−23° 13′ 13″.8	+0s.26	+10″.0	−0s.29	+ 9″.6
11	8 6 39.5	52	−1 8.42	+ 2 38.9	3 14 58.30	−17 50 33.3	+0.30	+ 8.9	−0.44	+12.6
12	8 8 37.8	48	−1 39.36	+ 5 21.0	3 10 53.85	−16 35 51.6	+0.30	+ 8.6	−0.42	+ 1.5
14	8 2 40.9	41	+0 43.37	− 5 26.1	3 3 16.56	−14 14 6.0	+0.30	+ 8.2	−0.07	− 1.3
15	8 4 38.0	35	+2 10.89	− 4 48.0	2 59 39.50	−13 6 17.5	+0.30	+ 8.0	−0.25	+ 1.5
15	8 4 38.0	39	−0 51.09	+ 0 49.7	2 59 39.34	−13 6 14.2	+0.30	+ 8.0	−0.41	+ 4.8
16	8 6 26.6	30	+3 23.28	+ 8 17.0	2 56 10.12	−12 0 44.2	+0.31	+ 7.8	+0.04	− 0.7
17	8 6 57.4	29	+0 43.74	−10 22.6	2 52 46.58	−10 57 15.5	+0.31	+ 7.6	−0.33	+ 0.3
17	8 7 2.9	27	+3 31.70	− 5 58.6	2 52 46.52	−10 57 14.5	+0.31	+ 7.6	−0.37	+ 1.1
18	8 14 34.2	26	+1 32.32	− 4 8.3	2 49 27.91	− 9 55 30.5	+0.31	+ 7.4	−0.28	− 0.7
20	8 25 41.7	16	+7 38.38	− 5 49.1	2 43 4.50	− 7 57 44.3	+0.32	+ 7.0	+0.07	+ 1.3
22	8 17 48.6	24	−6 33.54	+ 2 3.7	2 36 55.41	− 6 7 29.1	+0.31	+ 6.7	−0.15	+ 8.0
Mai 16	12 16 28.9	291a	+0 39.22	+ 0 57.7	22 53 5.16	+40 22 30.1	−0.58	+10.5	+1.13	+ 2.6
18	11 59 11.2	282	−1 15.54	− 9 40.5	22 34 51.09	+43 35 12.0	−0.66	+10.7	+0.07	− 2.0
18	11 59 11.2	281	+0 29.05	−11 55.4	22 34 52.01	+43 35 12.8	−0.66	+10.7	+0.99	− 1.2
26	11 10 15.4	251	−1 1.89	− 0 59.9	20 29 11.39	+55 36 16.4	−1.12	+ 7.4	+1.52	+ 6.0
27	10 51 14.7	246	+0 58.57	+ 4 56.6	20 6 17.49	+56 28 0.2	−1.15	+ 7.2	+1.30	+11.4
29	12 0 19.1	242	−3 3.72	− 6 32.3	19 15 23.85	+57 20 35.0	−1.01	+ 2.6	+0.25	+ 9.4
29	12 0 19.1	241	+3 13.61	−11 6.9	19 15 23.47	+57 20 36.1	−1.01	+ 2.6	−0.13	+10.5
30	11 15 35.3	240	−1 14.88	− 4 11.4	18 50 49.23	+57 17 11.5	−1.05	+ 3.2	+1.19	+10.3
31	11 12 48.0	236	−4 57.28	− 3 15.7	18 25 55.74	+56 54 43.1	−0.96	+ 2.4	+0.55	+11.6
31	11 12 48.0	233	+2 25.14	− 0 39.1	18 25 55.74	+56 54 47.1	−0.96	+ 2.4	+0.55	+15.6
Juni 1	10 50 33.2	228	+1 18.65	− 7 0.7	18 2 22.61	+56 14 52.4	−0.92	+ 2.4	+0.77	+13.8
2	10 43 46.5	225	−2 6.19	+ 6 55.9	17 39 58.25	+55 18 46.9	−0.83	+ 2.1	−0.05	+13.8
2	10 43 46.5	224	−1 24.31	+ 6 23.1	17 39 57.99	+55 18 47.0	−0.83	+ 2.1	−0.31	+13.9
4	11 5 18.9	215	+1 0.31	+ 2 37.5	16 59 58.70	+52 47 29.7	−0.53	+ 1.2	+0.33	+16.5
5	11 4 4.7	212	−5 33.28	+ 1 22.8	16 42 55.24	+51 19 15.3	−0.43	+ 1.2	+0.02	+14.3
5	11 4 4.7	209	+0 45.15	+ 1 38.3	16 42 55.13	+51 19 15.7	−0.43	+ 1.2	−0.09	+14.7
6	11 7 38.6	202	+1 54.00	− 7 53.5	16 27 34.76	+49 45 22.2	−0.33	+ 1.3	−0.17	+11.6
8	11 18 16.3	194	−7 36.73	+ 1 10.9	16 1 38.70	+46 29 42.0	−0.14	+ 1.7	−0.72	+ 9.5
8	11 18 16.3	188	+1 56.62	+10 41.0	16 1 38.93	+46 29 38.8	−0.14	+ 1.7	−0.49	+ 6.3
9	10 57 7.4	184	+2 20.51	− 6 51.0	15 50 57.45	+44 53 2.8	−0.16	+ 2.1	−0.54	+ 9.7
9	10 57 7.4	185	+1 27.28	+ 3 45.4	15 50 57.40	+44 53 3.7	−0.16	+ 2.1	−0.59	+10.6
10	11 38 46.1	183	−5 5.52	+ 4 13.1	15 41 0.95	+43 13 18.1	+0.03	+ 2.3	+0.07	+ 9.6
12	11 29 38.9	179	−1 57.35	+ 4 12.4	15 24 42.50	+40 6 34.4	+0.06	+ 2.8	−1.16	+ 9.7
12	11 29 38.9	177	−1 45.00	− 8 38.5	15 24 42.66	+40 6 33.3	+0.06	+ 2.8	−1.00	+ 8.6
13	11 15 21.0	175	−2 43.51	+ 5 13.4	15 17 51.73	+38 38 2.7	+0.05	+ 3.0	−0.60	+11.1
14	11 42 34.8	172	+0 19.83	− 2 4.5	15 11 31.72	+37 10 7.2	+0.14	+ 3.3	−0.23	+ 6.7
15	11 59 56.9	170	+1 42.16	+ 9 1.2	15 5 50.90	+35 46 19.1	+0.20	+ 3.6	−1.24	+ 8.0
16	11 43 30.2	169	−2 13.40	+ 6 35.0	15 0 51.84	+34 27 44.2	+0.17	+ 3.7	−0.80	+ 3.5

März 20: Beobachtungszeit habe ich um +10m geändert.
Sämtliche parallaktische Faktoren waren für Poldistanz gegeben.

Lyon.

C. R. CXXIX pag. 16. Beobachter: J. Guillaume. Instrument: Aequatorial (Brunner).

Juni 8	12h 11m 41s.2	188	+1m 30s.70	+7′ 13″.0	16h 1m 13s.01	+46° 26′ 10″.8	+0s.18	−0″.1	−0s.58	+15″.3
8	12 41 50.9	188	+1 16.15	+4 59.7	16 0 58.46	+46 23 57.5	+0.30	+0.2	−0.68	+ 5.8
9	13 21 0.9	185	+0 25.75	−6 2.8	15 49 55.87	+44 43 13.7	+0.47	+1.2	−0.30	+ 5.1
10	10 31 33.9	182	−0 55.98	+1 18.7	15 41 25.71	+43 17 41.7	−0.10	+0.5	−0.89	+ 2.3
10	10 57 33.9	182	−1 5.69	−0 33.1	15 41 16.00	+43 15 49.9	−0.01	+0.5	−0.59	− 5.3
12	10 7 27.9	177	−1 18.77	−3 29.4	15 25 8.89	+40 11 42.4	−0.09	+1.2	−0.01	+ 3.9
12	10 30 13.9	177	−1 26.02	−4 50.4	15 25 1.64	+40 10 21.4	−0.02	+1.1	−0.22	+ 9.3
13	12 57 10.9	175	−3 11.68	−1 2.4	15 17 23.56	+38 31 46.9	+0.44	+2.6	−0.64	+ 7.3
13	13 26 0.9	175	−3 19.22	−2 48.6	15 17 16.02	+38 30 0.7	+0.51	+3.0	−0.29	+ 6.8
14	12 1 46.9	172	+0 14.50	−3 14.5	15 11 26.39	+37 8 57.2	+0.31	+2.2	−0.68	+ 3.3
15	11 20 2.9	167	+3 1.55	−3 26.4	15 6 0.21	+35 48 35.6	+0.21	+2.1	−0.82	+ 8.1
15	11 43 44.9	167	+2 56.35	−4 46.0	15 5 55.01	+35 47 16.0	+0.27	+2.3	−0.71	+ 8.8
30	10 20 23.9	144	−0 10.10	−2 34.2	14 23 25.46	+21 3 16.2	+0.18	+3.3	−0.92	− 8.1
30	10 42 25.9	144	−0 11.56	−3 11.3	14 23 24.00	+21 2 39.1	+0.21	+3.4	−1.11	− 6.6
30	11 9 33.9	144	−0 12.91	−3 57.5	14 23 22.65	+21 1 52.9	+0.24	+3.5	−0.90	− 5.5

Juni 9: Deklination des Vergleichssterns war fehlerhaft angegeben.

Digitized by Google

1899	Mittlere Zeit Berlin	✳	Komet—Stern in α	Komet—Stern in δ	α app. ☄	δ app. ☄	Par. in α	Par. in δ	B.—R. in α	B.—R. in δ	Beobachter
Mailand.											
A. N. 3572 und brieflich. Beobachter: G. Celoria (C) und M. Rajna (R). Instrument: 8zöll. Refraktor (Ring-Mikrometer).											
März 6	8h 27m 10s.9	61	+0m 51s.22	+20′ 17″.5	3h 38m 30s.82	−24° 38 16″.5	+0s.45	+9″.0	−1s.88	−17″.9	C
14	7 44 59.9	41	+0 46.03	− 6 16.7	3 3 19.22	−14 14 56.6	+0.39	+7.4	−0.02	− 2.0	C
15	7 44 7.9	35	+2 14.37	− 5 42.7	2 59 42.98	−13 7 12.2	+0.39	+7.2	+0.29	+ 2.9	R
16	7 35 20.9	34	+0 45.77	−10 27.5	2 56 14.85	−12 2 6.9	+0.38	+7.0	+0.38	− 0.7	C
17	7 37 13.9	33	−1 48.74	+ 6 29.2	2 52 50.58	−10 58 40.1	+0.38	+6.8	−0.38	− 7.8	C
18	7 39 39.9	26	+1 37.32	− 5 32.1	2 49 32.91	− 9 56 54.3	+0.38	+6.6	+0.06	+ 2.7	R
19	7 38 17.9	28	−5 10.32	+20 36.6	2 46 19.94	− 8 57 23.9	+0.37	+6.5	+0.06	+ 0.9	C
21	7 45 45.9	18	+1 55.39	+ 1 5.6	2 40 3.01	− 7 3 10.4	+0.37	+6.1	−0.37	+ 5.1	C
22	7 37 13.9	20	−1 58.75	+17 10.8	2 37 0.82	− 6 9 7.5	+0.37	+6.0	+0.17	− 0.4	R

Die in A. N. 3572 gegebenen α app. und δ app. entsprechen theilweise nicht den Angaben ☄ − ✳.

Marseille.

B. A. XVI pag 279, XVII pag. 34. Beobachter: Borrelly. Instrument: Aequatorial (Eichens) 0.26 m Oeffnung.

März 6	8h 1m 38s.3	66	−3m 16s.39	+ 2′ 55″.8	3h 38m 38s.03	−24° 39′ 36″.2	+0s.39	+9″.2	−0s.47	− 3″.7
17	7 56 26.3	29	+0 45.75	−10 43.4	2 52 48.59	−10 57 36.3	+0.40	+6.6	+0.31	+ 5.9
18	7 48 33.3	26	+1 35.88	− 5 8.8	2 49 31.47	− 9 56 31.0	+0.39	+6.4	−0.17	+ 3.4
Mai 24	10 1 13.3	255	+4 24.51	− 1 54.2	21 11 34.77	+53 7 1.0	−1.15	+9.9	+1.28	+ 8.2
26	10 56 3.3	254	+2 26.75	− 7 58.2	20 29 24.78	+55 35 38.7	−1.37	+5.7	+1.38	+ 2.1
27	10 39 40.3	248	−4 36.49	+12 12.8	20 6 29.03	+56 27 35.4	−1.39	+5.2	+1.08	+ 5.2
30	11 48 24.3	240	−1 49.66	− 4 24.9	18 50 14.45	+57 16 58.0	−1.03	−1.0	+0.97	+10.6
31	11 8 45.3	236	−4 52.87	− 3 5.8	18 26 0.15	+56 54 53.0	−1.06	−0.6	+0.72	+13.1
Juni 1	12 32 46.3	229	−0 25.90	−13 40.8	18 0 43.38	+56 11 29.7	−0.47	−3.0	+0.89	+15.9
7	11 27 22.3	198	+0 9.16	− 4 34.8	16 13 43.68	+48 7 16.3	−0.06	−1.2	−0.75	+ 9.4
8	10 32 25.3	188	+2 18.23	+13 55.9	16 2 0.54	+46 32 53.7	−0.22	−0.6	−0.93	+11.0
12	11 5 27.3	178	−3 16.25	+ 7 0.7	15 24 49.70	+40 8 6.8	+0.12	+0.7	−1.27	+ 7.9
14	10 10 44.3	174	−0 39.42	−10 51.4	15 11 53.22	+37 15 30.8	0.00	+1.0	−1.48	+ 4.2
17	9 55 27.3	164	+0 9.08	− 4 15.3	14 56 37.53	+33 17 14.5	+0.03	+1.8	−0.55	− 0.6
19	10 23 59.3	161	+1 58.89	+ 2 33.4	14 48 34.72	+30 53 15.1	+0.13	+2.2	−0.80	+ 3.4

Mai 27 und Juni 19: Vorzeichen von ☄ − ✳ in Deklination geändert.
Juni 7: B. A. lies +0m 9s.16 statt −0m 9s.16.
„ 12: Vergleichstern war falsch identifizirt.

Mount Hamilton.

A. J. 458 und brieflich. Beobachter: W. J. Hussey (H), C. W. Perrine (P). Instrument: 12- und 36zöll. Refraktor.

März 4	16h 8m 53s.0	70	−0m 26s.37	−1′ 11″.3	3h 48m 3s.68	−27° 8′ 1″.6	+0s.36	+9″.4	−0s.20	− 1″.6
4	16 22 44.0	68	—	−3 39.4	—	−27 7 6.4	—	+9.3	—	− 0.9
4	16 41 19.0	68	+3 55.88	—	3 47 55.55	—	+0.44	—	−0.26	—
5	16 26 22.0	67	−0 12.96	+3 31.4	3 42 12.55	−25 36 53.2	+0.41	+8.9	−0.34	− 1.0
6	16 32 56.0	59	−0 7.90	−3 53.6	3 36 44.41	−24 8 32.5	+0.44	+8.5	−0.22	+ 2.2
Mai 2	0 47 8.0	3	+0 4.52	+4 51.7	0 6 53.36	+22 59 28.5	−0.51	+4.7	+0.11	− 3.0
12	0 21 28.0	307	+1 4.52	−3 11.9	23 23 49.72	+33 49 24.4	−0.69	+4.1	+0.54	− 2.7
19	0 13 19.0	280	−0 43.43	−2 51.0	22 29 34.74	+44 26 4.4	−0.81	+1.2	+1.23	− 0.7
19	23 43 24.0	273	+1 41.84	+2 41.0	22 18 34.67	+46 4 16.4	−0.90	+1.4	+1.04	+ 3.8
21	0 6 49.0	268	−0 10.41	−2 25.0	22 5 52.74	+47 46 12.7	−0.82	−0.1	+1.24	+ 2.5
Juni 6	22 41 56.0	200	+2 54.72	+3 36.0	16 20 46.39	+48 59 3.2	+0.68	−1.3	−0.61	+12.8
7	22 31 21.0	193	+0 2.09	+8 19.8	16 7 56.15	+47 22 8.7	+0.66	−0.8	−0.74	+13.9
8	22 47 59.0	187	−0 17.29	−1 31.0	15 56 16.98	+45 42 40.5	+0.74	+0.3	−0.64	+10.3
26	22 21 1.0	152a	−0 6.12	+5 16.6	14 28 58.47	+23 41 4.5	+0.46	+3.9	−0.74	+ 2.7
Juli 4	21 31 16.0	127	−0 34.27	−1 12.5	14 18 25.14	+18 12 18.1	+0.36	+3.4	−1.29	+ 6.1
5	20 54 45.0	123	−0 43.02	+4 34.8	14 14 35.17	+17 38 35.8	+0.34	+3.1	−0.63	+ 1.2
11	19 53 45.0	110	−0 33.03	+5 47.4	14 13 53.93	+14 36 25.3	+0.27	+2.8	−0.47	− 0.5
13	20 34 22.0	100	−0 8.70	+4 18.0	14 13 7.00	+13 42 12.3	+0.29	+2.9	−0.47	+ 0.2
15	19 19 57.0	79	+1 43.90	−0 21.7	14 12 33.01	+12 53 15.9	+0.24	+2.6	−0.51	+ 1.6
23	18 27 4.0	84	−0 13.83	+0 14.8	14 11 44.23	+ 9 59 6.4	+0.19	+2.3	−0.80	+ 0.1
30	17 53 23.0	92	−0 10.24	−0 0.4	14 12 31.89	+ 7 52 58.7	+0.17	+2.2	−0.61	+ 0.8
31	17 30 55.0	90	+0 12.29	−0 36.0	14 12 43.71	+ 7 36 44.1	+0.15	+2.1	−0.81	+ 0.9

Digitized by Google

1899	Mittlere Zeit Berlin	*	Komet—Stern in α	Komet—Stern in δ	α app. ♂	δ app. ♂	Par. in α	Par. in δ	B.—R. in α	B.—R. in δ

München.

A. N. 3554, 3556, 3574, 3603. Beobachter: W. Villiger von Juni 2 an K. Oertel. Instrument: 10½ zöll. Refraktor.

März 6	7h47m23s.8	64	+0m15s.94	+6′22″.8	3h38m41s.59	−24° 40′ 16″.2	+0s.38	+ 9″.5	−0s.13	+ 8″.5
13	7 31 17.8	45	+0 2.77	−7 2.3	3 7 6.36	−15 25 30.1	+0.37	+ 7.9	+0.06	+ 1.5
13	7 49 22.8	45	—	−6 4.4	—	−15 24 32.2	—	+ 7.7	—	+ 5.6
14	7 30 52.8	41	+0 48.52	−6 54.5	3 3 21.71	−14 15 34.4	+0.37	+ 7.6	+0.28	+ 0.9
15	7 45 32.8	35	+2 13.52	−5 40.6	2 59 42.13	−13 7 10.1	+0.38	+ 7.4	−0.36	+ 1.3
16	7 29 27.8	30	+3 28.27	+6 38.8	2 56 15.11	−12 2 22.4	+0.36	+ 7.2	−0.22	− 0.2
Mai 10	14 44 14.8	309	+0 9.38	+7 48.8	23 31 21.92	+32 0 37.7	−0.58	+ 6.6	+0.29	− 2.5
12	14 57 22.8	303	+0 56.98	−7 56.5	23 20 18.11	+34 38 37.8	−0.61	+ 6.1	+0.31	− 2.4
17	13 13 20.8	285	+0 44.03	+2 17.6	22 44 0.63	+42 2 9.8	−0.80	+ 7.3	+0.90	− 2.3
17	13 33 42.8	286	−1 14.57	−2 16.8	22 43 53.30	+42 3 27.3	−0.80	+ 6.7	+1.37	− 8.2
18	10 9 53.8	284	−2 32.83	−1 30.6	22 35 37.73	+43 27 39.2	−0.63	+11.6	+0.86	− 4.5
18	10 9 53.8	283	−1 39.67	−0 41.2	22 35 37.72	+43 27 39.1	−0.63	+11.6	+0.85	− 4.6
19	9 38 13.8	279	−0 20.50	+1 4.1	22 25 18.04	+45 5 6.2	−0.61	+12.1	+0.94	− 1.8
19	10 0 44.8	277	−0 15.91	+2 14.0	22 25 7.79	+45 6 38.9	−0.67	+11.7	+1.06	− 3.4
30	9 32 53.8	240	+0 33.17	−3 18.6	18 52 37.28	+57 18 4.3	−1.27	+ 3.9	+0.41	+11.3
Juni 2	11 12 44.6	222	+9 12.35	+3 11.2	17 39 32.18	+55 17 35.5	−0.56	− 1.0	+0.29	+13.0
2	11 12 44.6	221	+9 17.62	+2 29.0	17 39 32.09	+55 17 34.8	−0.56	− 1.0	+0.20	+12.3
5	10 53 15.9	207	+6 27.91	+4 38.5	16 43 1.91	+51 19 56.1	−0.28	− 0.6	−0.45	+12.2
6	10 30 24.5	202	+2 16.16	−5 21.5	16 27 56.92	+49 47 54.2	−0.28	− 0.2	−0.37	+13.9
7	9 56 5.1	198	+1 58.71	+1 38.1	16 14 33.23	+48 13 29.2	−0.33	+ 0.4	−0.61	+12.3
9	10 45 10.1	184	+2 25.52	−5 59.8	15 51 2.46	+44 53 53.9	−0.00	+ 0.7	−0.44	+10.8
10	10 49 59.4	183	−4 49.68	+7 6.1	15 41 16.79	+43 16 11.0	+0.08	+ 1.1	−0.45	+ 8.6
11	10 40 32.1	176	+7 50.91	−1 10.5	15 32 42.86	+41 42 10.8	+0.07	+ 1.4	−0.60	+ 9.2
12	10 36 12.7	177	−1 28.17	−5 15.2	15 24 59.49	+40 9 56.6	+0.09	+ 1.7	−0.43	+ 7.8
28	10 14 25.2	150	−1 4.58	−0 35.2	14 26 24.19	+22 30 51.7	+0.20	+ 3.6	−0.43	+ 2.8

Mai 10. Vergleichsstern war falsch identifizirt. Theilweise durch leichte Wolken beobachtet.
Mai 12. Wolkig und sehr dunstig, öfter durch Wolken beobachtet. Mai 17. Bild sehr unruhig.
Mai 18. u. 19. Komet sehr verwaschen, Kern undeutlich. Juni 2. Kern nicht sehr deutlich.
Juni 6. Mehrmals Störung durch Wolken. Juni 9. u. 10. Beobachtung häufig durch Wolken gestört.

Nizza.

A. N. 3556. Beobachter: St. Javelle. Instrument: 30 zöll. Aequatorial.

März 15	7h57m41s.7	35	+2m11s.84	−5′ 4″.6	2h59m40s.45	−13° 6′ 34″.1	+0s.41	+7″.0	−0s.21	+3″.1
16	7 55 55.7	30	+3 24.09	+7 55.4	2 56 10.93	−12 1 5.8	+0.40	+6.8	−0.57	+4.9
17	7 54 17.7	33	−1 51.13	+7 21.8	2 52 48.19	−10 57 47.5	+0.40	+6.6	+0.31	+0.2

Philadelphia.

A. J. 482. Beobachter: Henry B. Evans. Instrument: 18 zöll. Aequatorial.

Mai 21	19h33m44s.9	265	+0m53s.66	−2′ 16″.4	21h54m42s.50	+49° 6′ 29″.6	−1s.04	+2″.4	+1s.18	− 1″.6
23	16 25 9.9	259	+3 7.83	+1 2.3	21 24 55.86	+52 3 17.8	−1.25	+7.9	+1.43	+ 3.2
23	16 25 9.9	258	+4 10.97	+2 31.1	21 24 55.97	+52 3 17.2	−1.25	+7.9	+1.54	+ 2.6
24	17 11 51.9	254	+2 7.61	−0 57.7	21 5 51.53	+53 31 43.2	−1.34	+5.0	+1.26	+ 4.2
25	17 6 38.9	253	+0 31.82	+1 34.9	20 45 36.96	+54 47 17.9	−1.38	+4.1	+0.82	+ 5.3
26	16 16 42.9	249	−0 10.76	−2 56.1	20 24 22.59	+55 48 45.8	−1.45	+5.0	+1.32	+ 7.8
28	18 10 38.9	243	−0 46.81	+3 35.8	19 34 12.39	+57 10 50.5	−1.04	−2.0	+1.24	+14.3
30	18 46 46.9	237	+0 5.61	+1 54.1	18 42 54.83	+57 12 16.1	−0.50	−4.2	+0.61	+ 9.0
Juni 2	16 15 8.9	223	+0 27.58	+2 1.2	17 35 2.25	+55 3 52.3	−0.84	−1.9	+0.45	+12.6
3	17 37 53.9	217	+0 13.32	+1 37.0	17 13 32.47	+53 46 59.0	−0.23	−2.6	+0.09	+13.2
4	15 46 51.9	214	−0 10.05	+3 14.0	16 56 29.45	+52 30 47.7	−0.68	+1.9	−0.25	+15.3
14	14 59 30.9	173	−1 9.35	−5 37.0	15 10 43.04	+36 58 38.9	−0.11	+0.6	−1.13	+ 7.5
19	17 49 25.9	163	−2 53.93	+4 3.2	14 47 28.66	+30 32 22.8	+0.42	+2.7	−0.55	+ 6.1
21	15 49 6.9	160	−1 39.92	−0 13.2	14 41 19.51	+28 29 16.3	+0.17	+2.0	−0.71	+ 6.0
22	15 42 21.9	158	−2 5.94	−0 26.8	14 38 31.69	+27 29 28.8	+0.17	+2.1	−0.85	+ 6.2
23	15 11 57.9	157	−0 33.98	+0 32.8	14 36 0.69	+26 33 20.7	+0.11	+2.1	−1.05	+ 7.0

Digitized by Google

1899	Mittlere Zeit Berlin	✶	Komet—Stern in α	Komet—Stern in δ	α app. ☄	δ app. ☄	Par. in α	Par. in δ	B.—R. in α	B.—R. in δ	Beobachter	Instrument

Padua.

A. N. 3554, 3556, 3697 und brieflich. Beobachter: A. Antoniazzi. Instrument: Aequatorial (Dembowski).

März 7	8h 1m40s.7	58	−2m41s.69	+ 1′32″.0	3h33m23s.55	−23° 12′ 59″.7	+0s.42	+8″.9	−0s.04	+ 7″.2		
14	7 48 42.7	41	+0 45.50	− 6 1.8	3 3 18.69	−14 14 41.7	+0.40	+7.3	+0.02	+ 2.3		
15	7 26 28.7	39	−0 45.19	− 0 59.3	2 59 45.24	−13 8 3.2	+0.38	+7.2	−0.06	+ 0.9		
15	7 56 54.7	35	+2 12.08	− 5 7.2	2 59 40.69	−13 6 36.7	+0.41	+7.0	−0.08	+ 2.7		
16	7 41 35.7	30	+3 26.71	+ 7 16.2	2 56 13.55	−12 1 45.0	+0.39	+6.9	−0.01	+ 4.3		
17	7 33 10.7	33	−1 48.01	+ 6 28.5	2 52 51.31	−10 58 40.8	+0.38	+6.8	−0.22	+ 2.1		
18	7 40 40.7	26	+1 36.84	− 5 30.9	2 49 32.43	− 9 56 53.1	+0.39	+6.6	−0.27	+ 1.3		
Mai 17	13 37 12.7	286	−1 16.93	− 2 0.4	22 43 50.94	+42 3 43.7	−0.84	+6.2	+0.31	− 6.5		
18	14 3 37.7	282	−2 7.83	− 1 2.0	22 33 58.80	+43 43 50.5	−0.85	+5.0	+0.59	− 3.2		
18	14 48 8.7	281	−0 43.21	− 0 11.7	22 33 39.75	+43 46 56.5	−0.78	+3.8	+0.69	− 2.4		
19	13 32 52.7	275	+0 40.00	+ 5 7.9	22 23 28.08	+45 21 34.5	−0.91	+5.4	+0.26	− 0.2		
31	12 16 30.7	233	+1 19.54	− 2 7.8	18 24 50.14	+56 53 18.4	−0.56	−2.4	+0.35	+ 7.8		
Juni 1	11 15 59.7	231	−6 20.45	− 0 29.6	18 1 57.16	+56 14 0.6	−0.72	−1.5	+0.09	+ 9.3		
2	9 56 15.7	226	−5 44.39	+ 0 19.3	17 40 41.81	+55 20 51.0	−0.94	+0.1	+0.45	+10.6		
2	11 31 22.7	225	−2 48.54	+ 4 48.9	17 39 15.90	+55 16 39.9	−0.49	−2.1	+0.88	+ 9.1		
2	11 55 22.7	224	−2 28.35	+ 3 12.4	17 38 53.95	+55 15 36.3	−0.36	−2.4	+0.66	+ 9.2		
3	9 27 5.7	220	−1 39.64	−14 15.1	17 20 15.70	+54 12 57.0	−0.91	+0.5	+0.70	+ 6.4		
3	14 54 8.7	219	−4 13.02	− 0 53.6	17 15 44.57	+53 55 46.6	+0.71	−0.7	+0.47	+12.2		
4	10 13 33.7	216	−1 34.28	− 6 46.4	17 0 37.33	+52 50 30.3	−0.59	−0.9	+0.05	+12.0		
4	10 50 22.7	215	+1 11.06	+ 3 28.9	17 0 9.45	+52 48 21.1	−0.42	−1.4	−0.01	+12.5		
4	14 33 42.7	215	−1 36.08	− 9 48.1	16 57 22.31	+52 35 4.1	+0.68	−0.3	+0.12	+11.6		
4	15 6 15.7	214	+0 18.36	+ 5 36.8	16 56 57.80	+52 33 10.7	+0.81	+0.5	−0.27	+14.9		
5	10 24 10.7	212	−5 6.46	+ 3 53.6	16 43 22.06	+51 21 46.1	−0.43	−1.0	−0.08	+11.2		
5	14 18 38.7	210	−1 40.06	+ 7 10.4	16 40 43.89	+51 6 50.9	+0.68	0.0	−0.12	+11.9		
6	10 10 11.7	202	+2 28.73	− 4 4.4	16 28 9.53	+49 49 11.4	−0.30	−0.6	−0.04	+10.2		
7	9 57 3.7	198	+1 58.47	+ 1 32.0	16 14 32.99	+48 13 23.1	−0.34	−0.3	−0.33	+ 9.5		
7	14 33 49.7	199	−0 47.94	− 0 27.0	16 12 4.15	+47 54 28.3	+0.75	+2.0	−0.20	+ 4.6		
7	14 58 40.7	195	+0 49.84	+ 1 57.0	16 11 50.77	+47 52 51.1	+0.82	+2.6	−0.39	+ 9.3		
27	10 9 37.7	152	−0 32.21	− 5 18.4	14 28 5.93	+23 17 26.7	+0.20	+3.3	−0.27	+ 0.8		
28	10 11 17.7	150	−1 4.29	− 0 28.3	14 26 24.48	+22 30 58.6	+0.21	+3.3	−0.34	+ 3.5		
Juli 3	11 3 20.7	126	+1 8.26	+ 2 56.5	14 19 49.83	+19 4 6.2	+0.26	+3.6	−0.24	+ 3.8		
10	10 22 42.7	99	+1 24.25	− 5 41.9	14 14 33.76	+15 15 54.5	+0.22	+3.3	−0.59	+ 2.5		

Pola.

A. N. 3554, 3623. Beobachter: A. Stupar (S) und E. Marchetti (M). Instrument: 6 zöll. Refraktor mit Ringmikrometer (r) und Fadenmikrometer (f) (Steinheil.)

März 6	7h 39m11s.7	63	+0m39s.49	+ 3′ 1″.0	3h38m43s.91	−24° 40′ 56″.5	+0s.40	+0″.3	+0s.37	− 2″.0	S	r
17	7 57 13.0	33	−1 50.84	+ 7 21.3	2 52 48.48	−11 57 48.0	+0.40	+6.6	+0.31	− 7.8	M	f
18	7 25 1.0	26	+1 37.38	− 6 18.5	2 49 32.97	− 9 57 40.7	+0.38	+6.5	−1.87	− 6.9	M	f
Mai 12	12 57 29.0	302	+1 48.31	+10 56.2	23 20 46.68	+34 33 35.3	−0.65	+7.9	−0.38	+105.9	M	f
17	12 28 2.0	285	+1 0.27	− 1 7.0	22 44 16.87	+41 58 45.2	−0.84	+7.9	−0.21	− 22.1	M	f
Juni 2	10 52 13.0	224	−1 31.04	+ 5 58.3	17 39 50.36	+55 18 22.2	−0.66	−1.6	−0.15	+ 7.8	M	f
4	9 31 51.0	216	−1 0.58	− 4 2.1	17 1 11.07	+52 53 14.6	−0.74	−0.3	+2.22	+ 30.5	M	f

März 17. Nur eine Einstellung vor Verschwinden im Horizonte. Mai 17. Kern nicht scharf wahrnehmbar. Die publizirten Werthe für α app. und δ app. entsprechen nicht den Werthen ☄ − ✶.

Poughkeepsie.

A. J. 466, 476. Beobachter: Alice Everett (E), Mary W. Whitney (W) und Mabel Benway (B).

Mai 30	15h 31m15s.0	237	+3m27s.06	+4′ 5″.6	18h46m16s.28	+57° 14′ 27″.6	−1s.36	+1″.7	+1s.31	+ 4″.9	B	
30	16 32 37.9	237	+2 26.66	+3 35.5	18 45 15.88	+57 13 57.5	−1.17	−0.5	+0.63	+12.6	E	
31	15 29 33.1	233	−2 0.77	−6 49.4	18 21 29.84	+56 48 36.8	−1.26	+0.7	+1.09	+ 9.7	B	
31	16 51 13.9	233	−3 18.41	−8 43.2	18 20 12.19	+56 46 43.0	−0.94	−1.8	+0.83	+ 6.7	E	
Juni 3	15 40 3.9	218	−1 17.11	+1 18.7	17 15 8.28	+53 53 22.3	−0.81	−1.3	+0.01	+15.6	W	
6	17 11 34.9	204	−2 41.10	−7 25.5	16 23 58.94	+49 21 9.4	0.00	−2.0	+0.45	+ 9.5	E	
26	16 57 59.9	154	−1 12.05	−5 22.2	14 29 23.91	+23 52 7.1	+0.31	+3.2	−0.34	+ 8.9	W	
27	16 1 34.9	141	+4 50.39	−4 7.3	14 27 40.36	+23 5 51.4	+0.23	+2.8	−0.29	− 2.7	W	

Mai 31. Nach den von Miss Whitney mir mitgetheilten Einzel-Beobachtungen habe ich die Beobachtungszeit und ☄ − ✶ in Rektascension geändert.

Digitized by Google

1899	Mittlere Zeit Berlin	*	Komet — Stern in α	Komet — Stern in δ	α app. ☄	δ app. ☄	Par. in α	Par. in δ	B.—R. in α	B.—R. in δ

Rom (Collegio Romano).

A. N. 3554. Beobachter: E. Millosevich. Instrument: 10 zöll. Refraktor (Fadenmikrometer).

März 6	7h 6m 33s.4	66	−3m 3s.17	−0′ 28″.8	3h 38m 51s.25	−24° 43′ 0″.8	+0s.34	+9″.4	+0s.29	−7″.0
15	7 15 51.4	35	+2 18.32	−6 59.5	2 59 46.93	−13 8 29.0	+0.39	+6.9	+0.06	+4.3
17	7 10 52.3	33	−1 45.01	+5 23.4	2 52 54.31	−10 59 45.9	+0.39	+6.5	−0.32	+4.8

Strassburg.

A. N. 3572, 3617. Beobachter: H. Kobold. Instrument: 18 zöll. Refraktor.

März 6	7h 47m 19s.2	63	+0m 36s.65	+ 3′ 37″.9	3h 38m 41s.07	−24° 40′ 19″.6	+0s.35	+9″.7	−0s.69	+ 5″.6
6	7 47 19.2	64	+0 15.83	+ 6 19.1	3 38 41.47	−24 40 19.9	+0.35	+9.7	−0.29	+ 5.3
11	7 29 30.2	51	−0 13.69	+ 3 11.9	3 15 5.14	−17 52 27.9	+0.34	+8.5	−0.00	+ 7.6
11	7 29 30.2	52	−1 1.67	+ 0 44.0	3 15 5.05	−17 52 28.2	+0.34	+8.5	−0.09	+ 7.3
12	7 36 51.2	48	−1 34.05	+ 3 44.7	3 10 59.16	−16 37 27.9	+0.35	+8.0	−0.33	+ 1.7
13	7 41 55.2	45	+0 0.87	− 6 35.0	3 7 4.46	−15 25 3.8	+0.36	+7.9	−0.14	+ 3.7
14	7 44 35.2	41	+0 46.01	− 6 15.4	3 3 19.20	−14 14 55.3	+0.36	+7.7	−0.14	+ 0.8
15	7 52 38.2	35	+2 12.57	− 5 19.7	2 59 41.18	−13 6 49.2	+0.37	+7.4	−0.27	+ 2.4
15	7 52 38.2	39	−0 49.14	+ 0 10.5	2 59 41.29	−13 6 53.4	+0.37	+7.4	−0.16	− 1.8
16	7 42 34.2	34	+0 44.59	—	2 56 13.67	—	+0.36	—	+0.22	—
17	7 47 33.2	33	−1 49.83	+ 7 1.6	2 52 49.49	−10 58 7.7	+0.36	+7.1	−0.06	− 1.9
Mai 13	12 33 12.2	304	−5 3.29	+ 5 17.7	23 14 47.06	+35 53 44.2	−0.60	+9.2	+0.77	− 2.6
13	12 33 12.2	300	−1 44.20	− 3 7.0	23 14 46.89	+35 53 42.9	−0.60	+9.2	+0.60	− 3.1
17	12 40 9.2	286	−0 54.56	− 5 51.8	22 44 13.31	+41 59 52.3	−0.78	+8.6	+0.93	− 3.6
17	12 40 9.2	285	+0 56.83	+ 0 0.5	22 44 13.43	+41 59 52.7	−0.78	+8.6	+1.05	− 3.2
27	10 16 26.2	247	−3 7.67	− 2 54.5	20 6 52.27	+56 26 50.5	−1.28	+6.3	+1.32	+ 5.5
27	10 16 26.2	246	+1 33.51	+ 3 48.6	20 6 52.43	+56 26 52.2	−1.28	+6.3	+1.48	+ 7.2
31	9 55 53.2	236	−3 38.19	− 1 33.4	18 27 14.83	+56 56 25.4	−1.17	+2.7	+0.78	+13.6
31	9 55 53.2	234	−2 6.99	+ 1 7.9	18 27 14.96	+56 56 24.8	−1.17	+2.7	+0.91	+13.0
Juni 1	10 16 14.2	231	−5 21.92	+ 1 33.4	18 2 55.69	+56 16 3.6	−0.99	+1.2	+0.48	+14.5
5	10 40 46.2	212	−5 18.10	+ 2 52.9	16 43 10.44	+51 20 45.4	−0.40	−0.2	−0.46	+14.4
7	10 13 0.2	201	−4 18.72	− 1 17.2	16 14 24.08	+48 12 21.0	−0.32	+0.5	−0.57	+13.1
7	10 13 0.2	198	+1 49.61	+ 0 30.2	16 14 24.13	+48 12 21.3	−0.32	+0.5	−0.52	+13.4
8	10 33 51.2	192	−2 11.28	+ 3 18.1	16 2 0.40	+46 32 40.6	−0.16	+0.6	−0.32	+ 5.0
8	10 33 51.2	189	+0 49.21	− 4 4.8	16 2 0.36	+46 32 46.2	−0.16	+0.6	−0.36	+10.6
10	10 5 1.2	182	−0 45.46	+ 3 13.2	15 41 36.23	+43 19 36.2	−0.14	+1.3	−0.55	+11.3
12	9 55 1.2	177	−1 15.76	− 2 37.1	15 25 11.90	+40 12 34.7	−0.09	+1.8	−0.81	+ 9.6
16	11 6 28.2	166	+1 36.78	−10 40.7	15 0 59.27	+34 29 50.1	+0.21	+2.9	−0.75	+ 8.6
16	11 15 33.2	169	−2 7.92	+ 8 6.6	15 0 57.22	+34 29 15.8	+0.23	+2.9	−0.96	+ 3.7
17	10 44 30.2	165	−1 48.90	− 3 55.8	14 56 28.26	+33 14 48.2	+0.17	+2.9	−0.74	+ 6.6
19	10 43 13.2	161	+1 55.88	+ 1 40.5	14 48 31.71	+30 52 22.2	+0.18	+3.2	−0.87	+ 6.0
27	10 47 41.2	152	−0 35.31	− 6 31.8	14 28 2.83	+23 16 13.1	+0.22	+3.8	−0.62	+ 3.0
Juli 8	11 16 48.2	71	+7 45.67	+ 6 23.4	14 15 41.66	+16 14 30.7	+0.23	+3.8	−0.47	+ 1.3
8	11 43 51.2	72	+7 27.92	− 7 5.1	14 15 40.97	+16 13 58.2	+0.25	+3.9	−0.42	+ 3.9
10	10 21 52.2	114	−1 22.07	− 5 11.3	14 14 33.82	+15 15 54.4	+0.19	+3.5	−0.58	+ 1.6
10	10 21 52.2	99	+1 24.39	− 5 42.8	14 14 33.90	+15 15 53.6	+0.19	+3.5	−0.50	+ 0.8
12	10 20 1.2	98	+0 37.34	− 2 12.6	14 13 38.77	+14 19 56.8	+0.19	+3.4	−0.48	− 1.5
31	10 6 27.2	95	−0 8.52	+ 2 14.0	14 12 40.26	+ 7 41 46.6	+0.16	+2.9	−0.35	+ 6.2
Aug. 1	10 7 0.2	120	−4 31.48	− 2 19.5	14 12 53.19	+ 7 25 30.5	+0.16	+2.8	−0.40	+ 0.7
10	10 6 19.2	87	+3 26.60	− 1 53.2	14 15 36.20	+ 5 13 4.5	+0.15	+2.6	−0.84	+ 2.5

Mai 13. A. N. 3617 $\log p \Delta \alpha$ lies 9_n641 statt 9_n941.

Juni 5. A. N. 4617 $\log p \Delta \delta$ „ 9_n065 „ 9.065.

März 12. Komet in dichten Dunstwolken zuletzt ganz verschwindend.

März 17. Komet wegen Dunst und Nebel ziemlich schwach, zuletzt nur mit Mühe zu erkennen.

Juli 10. Kern nicht zu erkennen.

Juli 31. Beobachtung schwierig. Starker NO-Wind erschüttert das Rohr und macht die Vergleichung unsicher.

August 10. Beobachtung bei ziemlich dunstigem Himmel und häufigen Störungen durch das Licht elektrischer Scheinwerfer sehr schwierig.

Digitized by Google

1899	Mittlere Zeit Berlin	✳	Komet—Stern in α	Komet—Stern in δ	α app. ☄	δ app. ☄	Par. in α	Par. in δ	B.—R. in α	B.—R. in δ	Beobachter	Instrument

Teramo.

Briefliche Mittheilung. Beobachter: V. Cerulli. Instrument: 15.5 zöll. Refraktor von Cooke (Fadenmikrometer).

Juli 14	9h 56m 6s	109	−1m 30s.24	−0′ 10″.0	14h 12m 55s.49	+13° 27′ 56″.8	+0s.20	+2″.9	−1s.29	+2″.1		
15	9 10 7	91	+0 3.75	+1 33.6	14 12 39.46	+13 3 38.4	+0.17	+2.8	−0.66	+0.4		
26	8 48 10	80	+0 53.41	−1 34.0	14 11 53.64	+ 9 9 47.9	+0.15	+2.5	−0.84	+6.2		
27	9 7 56	82	+0 22.45	−2 11.6	14 12 0.39	+ 8 51 13.4	+0.16	+2.6	−0.53	−0.6		
28	9 8 41	86	+0 6.12	+2 50.6	14 12 8.02	+ 8 33 25.8	+0.16	+2.5	−0.70	−0.6		
31	9 9 35	95	−0 9.04	+2 50.6	14 12 39.74	+ 7 42 23.9	+0.16	+2.5	−0.38	−1.3		
Aug. 2	9 30 4	97	+0 9.89	−3 48.7	14 13 6.66	+ 7 9 51.3	+0.17	+2.5	−0.66	−7.8		
4	8 54 30	101	−0 1.55	−2 19.5	14 13 37.94	+ 6 39 27.1	+0.15	+2.4	−0.44	−1.1		
5	9 13 7	105	−0 19.89	−3 33.2	14 13 55.45	+ 6 24 15.2	+0.16	+2.4	−0.41	−1.9		
7	8 55 33	107	+0 11.99	−2 35.2	14 14 33.22	+ 5 55 17.1	+0.15	+2.3	+0.13	−4.1		
12	9 28 45	117	+0 6.76	+0 31.0	14 16 21.61	+ 4 46 51.7	+0.16	+2.2	−0.86	−1.0		

Toulouse.

C. R. 719, 873. Beobachter: F. Rossard. Instrument: Aequatorial (Brunner).

März 15	8h 2m 59s.8	39	−0m 50s.29	+ 0′ 41″.7	2h 59m 40s.14	−13° 6′ 22″.2	+0s.39	+7″.0	+0s.24	+0″.3		
16	8 23 45.8	34	+0 39.53	− 8 20.7	2 56 8.61	−12 0 0.1	+0.41	+7.0	+1.10	−3.9		
17	8 8 31.8	29	+0 44.79	−10 18.8	2 52 47.63	−10 57 11.7	+0.39	+6.6	+1.03	−1.0		
18	8 5 17.8	26	+1 34.04	− 4 37.8	2 49 29.63	− 9 56 0.0	+0.39	+6.5	+0.27	−7.8		

März 15: Beobachtungszeit habe ich um −1h geändert.
„ 17: Deklination des Vergleichsternes war fehlerhaft angegeben.

Utrecht.

A. N. 3554, 3567, 3624. Beobachter: A. A. Nijland. Iustrument: Refraktor mit Fadenmikrometer (F), Kreismikrometer (K).

März 5	7h 42m 27s.2	69	−0m 30s.2	+10′ 55″	3h 44m 16s.40	−26° 9′ 39″.3	+0s.95	−7″.9	−0s.44	−14″.4	K
14	7 51 36.2	41	+0 45.70	—	3 3 18.89	—	+0.33	—	+0.60	—	K
Mai 5	14 40 38.2	317	−1 37.40	+0 20.4	23 53 37.49	+26 21 43.8	−0.44	+7.4	+0.06	− 6 1	F
13	14 28 9.2	299	+0 12.04	+4 35.5	23 14 16.22	+36 0 34.6	−0.61	+7.5	+0.50	− 1 8	F
15	12 56 42.2	294	−0 11.01	+5 50.4	23 0 46.52	+38 52 0.8	−0.64	+9.1	−0.02	+ 1.6	F
16	13 38 51.2	290	+0 59.94	−1 31.4	22 52 36.26	+40 27 54.4	−0.70	+8.0	+0.67	− 0.2	F
23	11 29 26.2	261	+0 34.42	−0 5.2	21 28 29.20	+51 44 42.1	−1.01	+8.3	+1.13	+ 0.4	F
Juni 14	13 42 21.2	172	−0 10.33	−9 7.7	15 11 1.56	+37 3 4.0	+0.47	+4.6	−0.78	+ 6.0	F
15	13 59 58.2	170	+1 15.94	+2 17.8	15 5 24.68	+35 39 35.7	+0.49	+5.1	−1.37	+10.9	F
16	13 40 59.2	169	−2 36.92	+0 14.2	15 0 28.32	+34 21 23.4	+0.45	+5.0	−0.61	+ 3.9	F
23	12 3 40.2	157	−0 14.64	+7 43.8	14 36 20.03	+26 40 31.7	+0.29	+4.5	−0.90	+ 0.8	F
Juli 2	12 3 48.2	138	−0 40.90	+0 29.0	14 20 52.40	+19 40 13.3	+0.26	+4.4	+0.16	− 0.4	K

Mai 5: Kern verwaschen. Mai 16: Vergleichstern war falsch identifizirt; $log\ p\ \Delta\ \alpha$ lies 9_n678 statt 8_n297.
„ 17: $log\ p\ \Delta\ \alpha$ lies 9_n765 statt 8_n833.
Juni 23: Komet sehr schwach, Mond. Beobachtuug unsicher. Juli 2: Komet sehr schwach. Beobachtung unsicher.

Wien.

A. N. 3618, 3634. Beobachter: J. Holetscheck (H) am 6zöll. Refraktor (Fraunhofer) und J. Palisa (P) am 27zöll. Refraktor.

März 6	7h 30m 42s.4	66	−3m 9s.09	+ 1′ 2″.7	3h 38m 45s.33	−24° 41′ 29″.3	+0s.39	+9″.5	−0s.14	− 3″.6	H
13	7 30 46.4	47	−4 3.46	+15 15.7	3 7 6.69	−15 24 49.8	+0.39	+7.8	+0.34	+ 7.4	H
15	7 27 15.4	39	−0 45.74	− 0 51.0	2 59 44.69	−13 7 54.9	+0.38	+7.4	−0.50	+ 9.3	H
16	7 16 39.4	34	+0 48.23	−10 49.8	2 56 17.31	−12 2 29.2	+0.37	+7.2	+0.16	+27.5	H
Mai 10	14 47 57.4	310	−1 20.44	+ 5 57.0	23 31 21.23	+32 0 54.1	−0.57	+6.2	+0.40	+ 1.8	H
18	14 2 13.4	282	−2 7.10	− 1 14.0	22 33 59.53	+43 43 38.5	−0.79	+5.0	+0.78	− 9.3	H
Juni 8	14 6 47.8	118	+0 35.49	− 0 52.4	16 0 17.80	+46 18 5.4	+0.69	+2.9	−0.73	+ 4.4	H
Juli 1	10 6 38.4	146	−2 35.48	− 2 21.8	14 22 9.4	+20 23 —	+0.21	+3.7	—	—	P
10	9 42 9.4	114	−1 18.87	− 4 24.1	14 14 37.02	+15 16 41.6	+0.19	+3.5	+1.77	+ 0.9	P

Mai 18: Kern des Kometen nicht so scharf wie am 10. Mai, sondern mehr ausgebreitet und länglich. Es wurde versucht die Mitte zu beobachten.
März 6 bis Juni 8: Die Werthe ☄ − ✳ in δ sind nach den Angaben des Beobachters um $^1/_{30}$ ihres Werthes vergrössert.
Juli 1: Die Beobachtung ist in α unsicher, weil das Fernrohr sich nach dem Klemmen noch etwas zu bewegen schien.

Digitized by Google

1899	Mittl. Zeit Berlin	*	Komet—Stern in α	Komet—Stern in δ	α app. ☄	δ app. ☄	Par. in α	Par. in δ	B.—R. in α	B.—R. in δ
					Windsor.					
	A. N. 3579, 3617. Beobachter: J. Tebbutt. Instrument: 8inch Equatorial (square bar micrometer) und 4½ inch Equatorial von 25. bis 30. März.									
März 6	22h34m19s.1	60	−2m14s.46	+11′30″.2	3h35m25s.06	−23°46′40″.5	+0s.48	−3″.0	−0s.41	−0″.5
6	23 22 45.1	65	−5 16.96	− 1 51.3	3 35 14.43	−23 43 47.3	+0.56	−3.6	−0.45	− 1.8
6	23 22 45.1	62	−2 29.54	− 9 29.9	3 35 14.54	−23 43 47.6	+0.56	−3.6	−0.34	− 2.1
7	22 55 20.1	57	+0 3.95	+ 8 40.7	3 30 16.30	−22 20 17.7	+0.52	−3.5	−0.45	+ 3.9
8	22 36 54.1	55	−2 58.45	+ 8 44.4	3 25 31.80	−20 58 41.3	+0.49	−3.5	−0.51	+ 1.8
11	22 43 7.1	46	+1 21.27	+ 7 30.8	3 12 28.46	−17 4 41.4	+0.50	−4.0	−0.21	− 1.2
12	22 35 20.1	49	−5 36.78	+ 3 17.4	3 8 31.49	−15 51 56.4	+0.49	−4.0	−0.67	+ 0.5
13	22 32 46.1	38	+4 23.94	+ 6 20.4	3 4 43.91	−14 41 17.5	+0.48	−4.1	−0.45	− 1.4
13	22 32 46.1	42	−1 10.56	+ 6 35.9	3 4 43.91	−14 41 14.8	+0.48	−4.1	−0.45	+ 1.3
14	22 38 47.1	43	−5 15.59	+ 6 25.1	3 1 3.54	−13 32 27.4	+0.48	−4.2	−0.22	− 1.0
14	22 38 47.1	40	−0 51.45	+10 7.8	3 1 3.48	−13 32 25.2	+0.48	−4.2	−0.28	+ 1.2
15	22 36 51.1	31	+4 8.37	− 1 29.4	2 57 31.43	−12 26 7.2	+0.48	−4.3	−0.61	+ 3.9
16	22 18 24.1	37	−4 32.65	− 0 39.7	2 54 8.81	−11 22 46.4	+0.46	−4.2	−0.26	− 1.5
17	22 28 31.1	32	−3 6.84	− 9 11.7	2 50 47.37	−10 20 0.9	+0.46	−4.4	−0.50	+ 3.3
19	22 24 33.1	22	+2 47.24	+ 5 39.5	2 44 22.60	− 8 21 27.5	+0.45	−4.3	−0.33	+ 2.0
19	22 24 33.1	19	+5 24.50	− 1 5.9	2 44 22.64	− 8 21 27.7	+0.45	−4.3	−0.29	+ 1.8
20	22 5 41.1	23	−0 27.19	− 0 25.1	2 41 17.62	− 7 25 27.6	+0.44	−4.2	−0.38	+ 0.7
21	22 6 19.1	20	−0 47.07	− 4 3.0	2 38 12.50	− 6 30 21.3	+0.43	−4.2	−0.74	0.0
22	21 58 58.1	14	+2 41.55	− 5 21.5	2 35 11.16	− 5 37 5.8	+0.42	−4.2	−0.25	− 7.7
25	22 3 56.1	11	+6 14.21	+ 9 29.2	2 26 6.90	− 3 4 42.5	+0.42	−4.2	−0.37	+ 0.3
26	22 0 19.1	12	+0 39.69	+ 7 14.4	2 23 6.12	− 2 16 37.8	+0.41	−4.1	+0.26	− 1.2
27	21 57 37.1	10	+2 58.14	− 8 53.1	2 20 2.31	− 1 29 32.4	+0.41	−4.1	−0.55	+ 2.2
28	21 50 50.1	7	+0 23.71	+ 5 2.2	2 16 58.10	− 0 43 41.2	+0.40	−4.1	−0.11	+ 0.6
28	21 50 50.1	6	+0 26.65	− 7 5.0	2 16 58.04	− 0 43 39.1	+0.40	−4.1	−0.17	+ 2.3
29	21 43 53.1	9	−2 55.75	+ 5 10.9	2 13 50.97	− 0 1 16.6	+0.40	−4.0	+0.24	+ 0.8
30	21 42 46.1	8	−5 59.06	+14 59.0	2 10 38.90	− 0 45 29.4	+0.39	−4.0	−0.06	− 3.6
Juni 28	0 5 27.1	151	−0 53.43	+ 8 10.9	14 27 6.67	+22 50 22.3	+0.15	−6.4	+0.24	− 0.9
28	23 10 37.1	140	+3 30.59	+ 4 16.8	14 25 33.53	+22 6 47.5	+0.06	−6.3	−0.18	+ 2.6
28	23 54 54.1	140	+3 27.72	+ 2 49.7	14 25 30.66	+22 5 20.4	+0.14	−6.2	−0.13	− 2.3
Juli 1	22 51 48.1	131	+1 9.73	+ 3 55.3	14 21 30.36	+20 1 49.7	+0.04	−5.7	−0.27	+ 1.3
2	23 32 26.1	149	−7 6.90	+ 5 30.1	14 20 20.37	+19 22 20.8	+0.12	−5.4	−0.32	+11.6
2	23 47 20.1	148	−7 0.35	+ 9 3.4	14 20 20.03	+19 21 48.8	+0.14	−5.4	+0.04	+ 3.1
3	22 55 43.1	132	−1 4.40	+ 3 20.2	14 19 19.85	+18 45 57.3	+0.06	−5.3	−0.37	− 2.9
4	22 58 9.1	127	−0 36.37	− 3 14.5	14 19 23.04	+18 10 16.1	+0.07	−5.1	−0.40	+ 2.6
5	22 32 49.1	123	−0 45.44	+ 2 21.7	14 17 32.75	+17 36 22.7	+0.04	−5.0	+0.02	− 2.6
12	22 28 14.1	96	+0 37.89	− 5 38.2	14 13 27.93	+14 6 32.6	+0.07	−4.1	+0.50	+ 1.9

Juni 28 bis Juli 12: Komet schwach, schwer zu beobachten.

§ 5. Bildung der Normalörter.

Zur Bestimmung der Gewichte der einzelnen Beobachtungsreihen wurden aus sämtlichen Werthen „Beobachtung—Rechnung" ein- oder zweitägige Mittel gebildet, in ein rechtwinkliges Koordinatensystem als Ordinaten — die zugehörigen Epochen als Abscissen — eingezeichnet und durch einen ungezwungenen Kurvenzug ausgeglichen. Ausgeschlossen wurden bei Bildung der Mittel die Beobachtungen in Lemberg, da sie den anderen Beobachtungsreihen an Güte weit nachstehen und theilweise durch Rechen- oder Beobachtungsfehler stark entstellt sind, und die Beobachtungen in Pola, die zwar an sich gut zu sein scheinen, bei denen jedoch die Kometenörter nicht den Werthen Komet—Stern entsprechen. Als zulässige Grenze wurden die von den Mittelwerthen um $\pm 1^s.5$ und $\pm 20''$ differirenden Abweichungen angenommen. Die Ablesung der Kurve ergab folgende Werthe:

Datum	$\Delta\alpha \cos\delta$	$\Delta\delta$	Datum	$\Delta\alpha \cos\delta$	$\Delta\delta$
Mai 3.5	+0s.02	−3″.7	Mai 19.5	+0s.71	− 0″.4
5.5	+0.03	−3.9	21.5	+0.83	+ 0.7
7.5	+0.07	−3.9	23.5	+0.82	+ 2.2
9.5	+0.14	−3.7	25.5	+0.73	+ 4.0
11.5	+0.25	−3.4	27.5	+0.60	+ 7.0
13.5	+0.35	−2.9	29.5	+0.47	+10.0
15.5	+0.46	−2.3	31.5	+0.31	+12.2
17.5	+0.58	−1.4			

Digitized by Google

Datum	$\Delta\alpha\cos\delta$	$\Delta\delta$	Datum	$\Delta\alpha\cos\delta$	$\Delta\delta$
Juni 2.5	$+0^s.15$	$+13''.3$	Juni 18.5	$-0^s.67$	$+5''.5$
4.5	0.00	+13.4	20.5	−0.67	+5.0
6.5	−0.16	+12.7	22.5	−0.63	+4.2
8.5	−0.35	+11.0	24.5	−0.60	+3.5
10.5	−0.47	+ 9.1	26.5	−0.56	+2.8
12.5	−0.55	+ 7.9	28.5	−0.52	+2.0
14.5	−0.61	+ 7.0	30.5	−0.48	+1.2
16.5	−0.65	+ 6.2			

Aus den Abweichungen der einzelnen Beobachtungsreihen gegen die vorstehende Tabelle wurden dann nach den Methoden der Wahrscheinlichkeitsrechnung die Gewichte und mittleren Fehler bestimmt. Hierbei habe ich mich der bekannten Formeln bedient:

$$E = \pm\sqrt{\frac{[v\,v]}{m-1}} \qquad p = \frac{c^2}{E^2},$$

wo $c = 2''.0$ gesetzt wurde, sodass diesem mittleren Fehler das Gewicht 1 entspricht. Für die nach dem 1. Juli gemachten Beobachtungen habe ich die für die Zeit Mai 3 bis Juli 1 giltigen Gewichte beibehalten. Für die Beobachtungen in Denver und Teramo, die grösstentheils ausserhalb der Abweichungskurve liegen, habe ich die Gewichte willkürlich angenommen. Die Deklinationen haben für Denver durchgehends ein grösseres Gewicht erhalten, als die für Teramo, da sie auf bedeutend mehr Vergleichungen beruhen und unter sich besser übereinstimmen, was wohl zum Theil seinen Grund darin haben mag, dass die in Denver benutzten Vergleichssterne besser bestimmt sind, während die Oerter der anderen Vergleichssterne durch mikrometrischen Anschluss an bekannte Sterne ermittelt worden sind.

Bei den im März angestellten Beobachtungen habe ich zur Bestimmung des Gewichtes ein anderes Verfahren eingeschlagen. Die Beobachtungen an einem Tage zeigen unter sich bedeutend grössere Abweichungen, als die nach dem Periheldurchgange gemachten. Als Grund dafür nehme ich an, dass die Beobachtungen meist in grossen Zenithdistanzen angestellt werden mussten und dass die südlichen Vergleichssterne zum Theil noch nicht so gut bestimmt sind, wie die nördlichen. Ich bildete wieder aus zweitägigen Beobachtungen Mittelwerthe, mit denen ich dann die einzelnen Beobachtungen verglichen habe. Abweichungen bis zu $\pm 2''$ erhielten das Gewicht 1, bis zu $4''\ ^3/_4$, $6''\ ^1/_2$, $8''\ ^1/_4$, über $8''$ das Gewicht 0.

Nachstehende Tab. giebt eine Uebersicht über die nach dem Periheldurchgange verwendeten Gewichte.

Tafel der Gewichte, giltig für die Beobachtungen nach dem Periheldurchgang.

Ort	Rektascension		Deklination		Ort	Rektascension		Deklination	
	Konstante Abweichung	Gewicht	Konstante Abweichung	Gewicht		Konstante Abweichung	Gewicht	Konstante Abweichung	Gewicht
Arcetri	$-0^s.453$	0.49	$-0''.22$	0.41	Lemberg, E	—	0.0	—	0.0
Besançon	−0.015	0.74	+0.09	2.70	„ L	—	0.0	—	0.0
Betlehem	—	0.5	—	1.0	Liverpool	$+0^s.017$	0.30	$-0''.56$	0.96
Bordeaux, R	−0.011	0.65	−1.80	0.31	Lyon	+0.011	0.24	+2.82	0.22
„ F	+0.280	0.52	+0.47	0.46	Marseille	+0.038	0.43	+0.87	0.44
Denver	+0.164	0.69	−0.88	1.14	Mt. Hamilton	+0.051	1.02	−0.74	1.54
Genf	+0.232	0.21	+2.12	0.08	München	−0.003	1.86	+0.51	1.63
Göttingen, A	−0.379	0.25	+0.90	0.36	Padua	−0.013	0.46	+2.08	0.65
„ Sch	+0.112	0.06	+4.4	0.4	Philadelphia	+0.015	0.63	−1.01	1.29
Greenwich	+0.041	1.44	−0.94	1.38	Pola	—	0.0	—	0.0
Hamburg, Sch	+0.058	0.48	+1.15	0.95	Poughkeepsie, B	—	0.5	—	0.5
„ Sl	+0.177	1.03	−0.57	0.73	„ E	—	0.5	—	0.5
Jena, K	—	1.0	—	1.0	„ W	—	0.33	—	0.33
„ W	—	0.0	—	0.0	Strassburg	−0.024	1.38	−0.22	1.81
Kasan	+0.471	0.23	+1.90	0.31	Teramo	—	0.75	—	0.75
Königsberg	+0.037	0.72	−0.07	0.85	Utrecht	+0.118	0.45	+0.53	0.78
Königsstuhl (Mer.	—	1.0	—	1.0					

Konstante Abweichungen wurden nur bei den Rektascensionen in Arcetri, Göttingen (Ambronn) und Kasan berücksichtigt, da sie aus einer grösseren Anzahl Beobachtungen abgeleitet sind und ihr Werth der

Digitized by Google

des mittleren Fehlers weit übersteigt. In einzelnen Fällen habe ich den jeweiligen Verhältnissen entsprechend andere Gewichte in Rechnung gebracht, als obige Tafel angiebt.

Nachstehend gebe ich ein chronologisch geordnetes Verzeichniss der Abweichungen, das auch die jeder Beobachtung entsprechenden Gewichte enthält. Die Beobachtungszeit ist für Aberration verbessert. Die konstanten Abweichungen sind bereits angebracht.

1899	Beobachtungsort	$\Delta\alpha\cos\delta$	$\Delta\delta$	$p\alpha$	$p\delta$
März 4.66828	Mt. Hamilton	−0^s.17	− 1″.6	1	3/4
67790	»	—	+ 0.9	—	1
69081	»	−0.23	—	1	—
5.31654	Utrecht	[−0.44]	[−14.4]	0	0
33759	Algier	−0.21	− 1.0	1	1
34762	»	−0.22	− 1.4	1	3/4
35263	»	−0.72	− 4.1	0	1/2
68035	Mt. Hamilton	−0.31	− 1.0	1	1
6.29155	Rom	+0.26	− 7.0	1/4	1/4
30832	Wien	−0.13	− 4.8	1	1/2
31421	Pola	[+0.33]	[− 2.0]	0	0
31434	Königsstuhl W	[+1.12]	− 5.2	0	1/2
31434	»	[+1.54]	− 3.5	0	1/2
31621	Arcetri	−0.45	− 2.4	1/2	3/4
31621	»	−0.15	− 3.9	1	1/2
31621	»	−0.18	− 7.9	1	0
31985	Strassburg	−0.69	+ 5.6	1/4	1/2
31985	»	−0.26	+ 5.3	1	1/2
31991	München	−0.12	+ 8.5	1	1/4
32004	Bamberg	+0.15	− 2.2	3/4	3/4
32290	Besançon	+0.05	+ 0.7	3/4	1
32980	Marseille	−0.43	− 3.7	3/4	1/2
34754	Mailand	[−1.71]	[−17.9]	0	0
35393	Kap	−0.08	+ 6.6	1	1/2
68475	Mt. Hamilton	−0.20	+ 2.2	1	1
93578	Windsor	−0.38	− 0.5	3/4	1
96941	»	−0.41	− 1.8	3/4	3/4
96941	»	−0.31	− 2.1	1	3/4
7.32620	Liverpool	−0.27	+ 9.6	1	0
32974	Padua	−0.04	+ 7.2	1	1/4
95029	Windsor	−0.42	+ 3.9	1/2	1
8.27481	Lemberg	[+0.57]	[−45.6]	0	0
93740	Windsor	−0.49	+ 1.7	1/2	1
9.27415	Lemberg	[−5.49]	[+606.7]	0	0
33211	Bamberg	[+1.73]	− 0.3	0	1
März 10.27939	Lemberg	[−0.87]	[+6.1]	0	0
11.27560	»	[+0.53]	[+4.5]	0	0
30706	Strassburg	−0.00	+7.6	1	1/4
30706	»	−0.09	+7.3	1	1/4
31038	Bamberg	−0.11	+4.7	1	3/4
32363	Besançon	−0.18	+7.6	1	1/4
32413	Bamberg	+0.22	−3.8	1/2	1/2
33285	Liverpool	−0.42	+0.7	1/2	1
33577	Bordeaux	+0.02	+3.9	1	3/4
94145	Windsor	−0.21	−1.2	1	1
12.31209	Strassburg	−0.32	+1.7	3/4	1
32044	Hamburg Sch	−0.63	−9.2	1/4	0
33413	Liverpool	−0.40	+1.5	3/4	1
56004	Bordeaux	+0.25	−4.5	1/2	1/2
56327	Bethlehem	+0.09	−5.9	1	1/4
93595	Windsor	−0.64	+0.5	1/4	1

No.	1899	Beobachtungsort	$\Delta\alpha\cos\delta$	$\Delta\delta$	$p\alpha$	$p\delta$
52	März 13.28096	Lemberg	[+0^s.28]	[+10″.4]	0	0
53	28579	Jena W	[−5.52]	[+85.4]	0	0
54	29826	Lemberg	[−0.08]	—	0	0
55	30774	Wien	+0.33	[+25.3]	1/4	0
56	30811	München	+0.06	+ 1.5	3/4	1
57	31352	Göttingen	+0.12	+ 2.4	3/4	1
58	31548	Strassburg	−0.14	− 3.7	1	1/2
59	31943	Bamberg	+0.38	+ 5.7	1/4	1/2
60	32066	München	—	+ 5.6	—	1/2
61	3322	Königsstuhl	[+0.16]	—	0	—
62	3328	»	—	[− 9.0]	—	0
63	34007	Besançon	—	+ 1.6	—	1/2
64	34258	»	−0.39	—	1/2	—
65	93406	Windsor	−0.44	− 1.4	1/2	1
66	93406	»	−0.44	+ 1.3	1/2	1
67	14.30423	Kremsmünster	[+0.76]	+ 5.2	0	1/2
68	30771	München	+0.27	+ 0.9	1/2	1
69	31098	Göttingen	[+0.79]	+ 0.3	0	1
70	31217	Jena K	+0.20	− 2.5	1/2	3/4
71	31363	Besançon	+0.20	+ 1.1	1/2	1
72	31607	Bamberg	−0.19	+ 2.2	1	1
73	31724	Strassburg	−0.14	+ 0.8	1	1
74	31752	Mailand	−0.02	− 2.0	1	1/2
75	32010	Padua	+0.02	+ 2.3	1	1
76	32211	Utrecht	[+0.58]	—	0	—
77	32800	Königsstuhl	—	+ 0.5	—	1
78	32842	»	−0.04	—	1	—
79	32980	Liverpool	−0.07	− 1.3	1	3/4
80	33055	Besançon	+0.28	− 0.2	1/2	1
81	März 14.93815	Windsor	−0.21	− 1.0	1	3/4
82	93815	»	−0.27	+ 1.2	3/4	1
83	15.29719	Rom	+0.06	+ 4.3	1	3/4
84	30456	Padua	−0.06	+ 0.9	1	1
85	30510	Wien	−0.49	+ 8.3	1/4	1/4
86	30520	Kremsmünster	+0.31	− 3.0	1/2	1/2
87	31203	Bamberg	−0.47	+ 6.5	1/2	1/2
88	31618	Besançon	−0.30	− 2.4	3/4	3/4
89	31682	Mailand	+0.28	+ 2.9	1/2	1
90	31780	München	−0.35	+ 1.3	3/4	1
91	32273	Strassburg	−0.26	+ 2.4	3/4	1
92	32273	»	−0.16	− 1.8	1	3/4
93	32458	Bamberg	−0.32	− 3.0	3/4	1/2
94	32570	Padua	−0.08	+ 2.7	1	1
95	32624	Nizza	−0.20	+ 3.1	1	1
96	32992	Toulouse	+0.23	+ 0.3	1/2	1
97	33106	Liverpool	−0.24	+ 1.5	3/4	1
98	33106	»	−0.40	+ 4.8	1/2	3/4
99	33482	Arcetri	−0.30	− 3.0	3/4	1/2
100	33482	»	−0.03	− 1.7	1	3/4
101	93670	Windsor	−0.60	+ 3.9	1/4	3/4
102	16.29764	Wien	[+0.16]	[+40.2]	0	0

Digitized by Google

No.	1899	Beobachtungsort	$\Delta\alpha \cos\delta$	$\Delta\delta$	$p\,\alpha$	$p\,\delta$
103	März 16.30653	München	−0^s.22	− 0".2	1	1
104	30909	Bamberg	+0.11	+ 0.3	1/2	1/2
105	31062	Mailand	+0.37	− 0.7	1/4	3/4
106	31496	Padua	−0.01	+ 4.3	1	3/4
107	31563	Strassburg	+0.22	—	3/4	—
108	31594	Besançon	+0.40	+ 0.9	1/4	1
109	32492	Nizza	−0.56	+ 4.9	1/4	3/4
110	32765	Arcetri	[+0.81]	− 4.1	0	1/2
111	33221	Liverpool	+0.04	− 0.7	1	1
112	33245	Königsstuhl	—	[+12.5]	—	0
113	33336	»	+0.40	—	1/4	—
114	33932	Bordeaux	[+0.69]	+ 1.3	0	1
115	34424	Toulouse	[+1.08]	− 3.9	0	1/2
116	54135	Bethlehem	+0.25	− 2.7	1/2	3/4
117	92379	Windsor	−0.26	− 1.5	3/4	3/4
118	März 17.29352	Rom	−0.31	− 5.2	1/2	1/4
119	30901	Padua	−0.22	+ 2.1	3/4	1
120	31183	Mailand	−0.38	[− 7.8]	1/2	0
121	31230	Bamberg	+0.29	+ 4.5	1/2	3/4
122	31395	Besançon	−0.34	[+13.4]	1/2	0
123	31891	Arcetri	[+0.68]	+ 0.9	0	1
124	31899	Strassburg	−0.06	− 1.9	3/4	3/4
125	31933	Genf	−0.13	[+ 9.6]	1/2	0
126	32368	Nizza	+0.30	+ 0.2	1/2	1
127	32516	Marseille	+0.30	+ 5.9	1/2	1/2
128	32570	Pola	[+0.30]	[− 7.8]	0	0
129	33026	Königsstuhl	—	[−10.1]	—	0
130	33247	Liverpool	−0.32	+ 0.3	1/2	1
131	33253	»	−0.36	+ 1.1	1/2	1
132	33356	Toulouse	[+1.01]	− 1.6	0	3/4
133	33549	Königsstuhl	[−1.44]	—	0	—
134	34400	Bordeaux	−0.46	+ 0.2	1/4	1
135	35079	Algier	+0.01	+ 7.1	1	1/4
136	35885	»	+0.49	+ 8.4	1/4	1/4
137	54343	Bethlehem	−0.29	+ 1.9	1/2	1
138	93071	Windsor	−0.49	+ 3.3	1/4	3/4
139	18.30324	Pola	[−1.84]	[− 6.9]	0	0
140	31341	Mailand	+0.06	+ 2.7	1	1
141	31412	Padua	−0.27	+ 1.3	3/4	1
142	31805	Algier	−0.43	+ 1.9	1/4	1
143	31959	Marseille	−0.17	+ 3.4	3/4	3/4
144	32218	Genf	[+0.82]	+ 6.0	0	1/2
145	32469	Besançon	−0.44	+ 0.7	1/4	1
146	32604	Algier	−0.28	+ 2.7	1/2	1
147	32924	Arcetri	+0.34	[−11.9]	1/2	0
148	33121	Toulouse	+0.27	[− 7.8]	3/4	0
149	33765	Liverpool	−0.28	− 0.7	1/2	1
150	34451	Bordeaux	−0.28	+ 3.2	1/2	3/4
151	19.31237	Mailand	−0.06	+ 0.9	1	1
152	32539	Bamberg	+0.25	[− 8.2]	1/2	0
153	32797	Algier	+0.39	+ 5.2	1/4	1/2
154	33551	»	+0.42	0.0	1/4	1
155	92778	Windsor	−0.33	+ 2.0	3/4	1
156	92778	»	−0.29	+ 1.8	3/4	1
157	20.34451	Bordeaux	−0.17	− 2.0	1	3/4
158	34517	Liverpool	+0.07	+ 1.3	1	1
159	91452	Windsor	−0.38	+ 0.7	1/2	1
160	März 21.31734	Mailand	−0^s.37	+ 5.1	3/4	
161	31977	Bamberg	−0.17	+ 0.7	1	
162	32120	Genf	−0.13	+ 6.5	1	
163	32578	Königsstuhl	[−1.01]	[−11.8]	0	
164	34041	Bordeaux	−0.04	+ 4.6	1	
165	91489	Windsor	[−0.74]	0.0	0	
166	22.31131	Mailand	+0.17	− 0.4	1/2	
167	33949	Liverpool	−0.16	+ 8.0	1	
168	90968	Windsor	−0.25	[− 7.7]	1	
169	24.30207	Bamberg	−0.34	+ 3.2	3/4	
170	25.31904	»	[+0.81]	+ 2.7	0	
171	32599	Genf	[+0.40]	[− 6.0]	0	
172	91282	Windsor	−0.37	+ 0.3	3/4	
173	26.91021	»	+0.26	− 1.2	1/2	
174	27.32273	Genf	[−1.16]	[−11.3]	0	
175	90824	Windsor	−0.55	+ 2.2	1/4	
176	28.31296	Genf	+0.05	[+10.4]	3/4	
177	90343	Windsor	−0.11	− 0.6	1	
178	90343	»	−0.17	+ 2.3	1	
179	29.89851	»	+0.24	+ 0.8	1/2	
180	30.89764	»	−0.06	− 3.6	1	
181	April 26.60604	Lemberg	[+35.88	+ 62.9]		st
182	28.60477	»	[+67.83	+322.8]		Δα ist
183	Mai 1.59989	—	[+ 4.89	− 28.3]		Δα se
184	1.61284	—	[+ 4.29	—]		
185	2.02702	Mt. Hamilton	+0.10	− 3.0	1.0	
186	2.63404	Besançon	−0.40	− 4.1	0.75	
187	3.59763	Lemberg	[−1.40]	[− 1.1]	0	
188	3.00239	Kasan	+0.33	−11.9	0.2	
189	4.63057	Besançon	+0.38	− 3.0	0.75	
190	64600	»	+0.30	− 4.5	0.75	
191	5.60484	Hamburg Sch	+0.08	− 5.1	0.5	
192	60484	» »	+0.13	− 3.4	0.5	
193	60631	Utrecht	+0.05	− 6.1	0.5	
194	61310	Hamburg Sl	−0.07	− 6.6	1.0	
195	61310	» »	−0.07	− 5.8	1.0	
196	63693	Besançon	+0.04	− 3.5	0.75	
197	6.66851	Greenwich	+0.19	− 1.7	1.0	
198	7.64835	»	−0.14	− 3.5	1.0	
199	9.45328	Kasan	0.00	− 4.3	0.2	
200	Mai 10.45127	Kasan	−0.10	− 5.1	0.2	
201	60946	München	+0.25	− 2.5	1.75	
202	61204	Wien	+0.34	+ 1.8	0.5	
203	61500	Kremsmünster	+0.42	− 3.9	0.5	
204	11.58146	Lemberg	[−0.60]	[−15.6]	0	
205	12.01048	Mt. Hamilton	+0.45	− 2.7	1.0	
206	50085	Hamburg Sch	+0.16	− 2.2	0.5	
207	50817	Königsberg	[+0.22]	[−23.1]	0	
208	51416	Hamburg Sl	−0.06	− 0.2	1.0	
209	53385	Königsberg	+0.30	− 3.8	0.75	
210	53552	Pola	[−0.31]	[+105.9]	0	
211	57243	Arcetri	+0.15	− 5.2	0.5	
212	61880	München	+0.26	− 2.4	1.75	
213	62457	Besançon	+0.09	− 5.4	0.75	
214	13.51881	Strassburg	+0.62	− 2.6	1.5	
215	51881	»	+0.49	− 3.9	1.5	
216	53026	Hamburg Sch	+0.25	− 2.1	0.5	
217	53026	» »	+0.07	− 3.9	0.5	

Digitized by Google

o.	1899	Beobachtungsort	$\Delta\alpha\cos\delta$	$\Delta\delta$	$p\alpha$	$p\delta$
8	Mai 13.54354	Lemberg	[+0^s.20]	[−13″.8]	0	0
9	54677	Königsstuhl	—	− 3.0	—	0.5
0	56243	»	−0.13	—	0.5	—
1	59867	Utrecht	+0.40	− 1.8	0.5	0.8
2	60215	Arcetri	+0.88	− 5.5	0.5	0.4
3	60215	»	+0.73	− 5.6	0.5	0.4
4	62637	Besançon	+0.32	− 2.5	0.75	2.75
5	Mai 14.55477	Lemberg	[+0.71]	[+ 8.2]	0	0
6	59151	Arcetri	+1.06	—	0.5	—
7	59151	»	+0.97	—	0.5	—
8	60607	»	—	− 5.0	—	0.4
9	60607	»	—	− 4.7	—	0.4
0	89721	Kasan	−0.44	0.0	0.2	0.3
	15.53535	Utrecht	−0.02	+ 1.6	0.5	0.8
	54186	Lemberg	[+0.27]	[+16.1]	0	0
	16.35590	Kasan	+0.09	+ 1.7	0.2	0.3
	50753	Liverpool	+0.86	+ 2.6	0.3	1.0
	54702	Bamberg	+0.50	− 1.1	0.5	0.5
	56370	»	+0.11	− 8.0	0.5	0.5
	56473	Utrecht	+0.50	− 0.2	0.5	0.8
	61838	Arcetri	+1.19	− 3.9	0.5	0.4
	61838	»	+0.81	− 5.2	0.5	0.4
	17.39184	Kasan	−0.25	− 5.8	0.2	0.3
	43196	Genf	−0.31	− 3.9	0.2	0.1
	49173	Königsberg	—	− 2.2	—	0.8
	49638	»	+0.45	—	0.75	—
	50598	»	+0.70	—	0.75	—
	51565	Pola	[−0.15]	[−22.1]	0	0
	52414	Königsberg	—	− 3.1	—	0.8
	52407	Strassburg	+0.69	− 3.6	1.5	1.75
	52407	»	+0.78	− 3.2	1.5	1.75
	54712	München	+0.67	− 2.3	1.75	1.5
	56126	»	+1.02	− 8.2	1.5	1.0
	56370	Padua	+0.23	− 6.5	0.5	0.6
	59146	Arcetri	+1.34	− 4.6	0.5	0.4
	59146	»	+1.34	− 2.6	0.5	0.4
	61147	Besançon	+0.65	− 0.1	0.75	2.75
	61454	Kremsmünster	+0.69	− 2.7	0.5	0.5
	Mai 18.39983	Kasan	+0.58	− 0.6	0.2	0.3
	41981	München	+0.62	− 4.5	1.75	1.5
	41981	»	+0.61	− 4.6	1.75	1.5
	46357	Königsberg	+0.78	− 3.8	0.75	0.8
	48377	Genf	−0.20	− 5.3	0.2	0.1
	49571	Liverpool	+0.05	− 2.0	0.3	1.0
	49571	»	+0.72	− 1.2	0.3	1.0
	50710	Lemberg	[+0.10]	[−29.6]	0	0
	50771	»	[+0.28]	[+ 6.4]	0	0
	52037	Königsstuhl	—	[−14.5]	—	0
	52220	Bordeaux R	+0.86	− 2.1	0.6	0.3
	52917	Göttingen Sch	+0.07	− 5.9	0.1	0.4
	53535	Besançon	+0.61	− 0.4	0.75	2.75
	53535	»	+0.78	− 0.8	0.75	2.75
	58116	Wien	+0.56	− 9.3	0.5	0.25
	58214	Padua	+0.43	− 3.2	0.5	0.6
	59348	Arcetri	+1.42	− 1.9	0.5	0.4
	59348	»	+1.49	0.0	0.5	0.4
	60519	Kremsmünster	+0.82	+ 4.5	0.5	0.5

No.	1899	Beobachtungsort	$\Delta\alpha\cos\delta$	$\Delta\delta$	$p\alpha$	$p\delta$
275	Mai 18.61306	Padua	+0^s.50	− 2″.4	0.5	0.6
276	19.00555	Mt. Hamilton	+0.88	− 0.7	1.0	1.5
277	39599	Lemberg	[−0.01]	[−15.9]	0	0
278	39599	»	[+0.03]	[− 3.5]	0	0
279	39790	München	+0.66	− 1.7	1.75	1.5
280	41355	»	+0.75	− 3.4	1.75	1.5
281	43155	Genf	+0.32	− 6.4	0.2	0.1
282	52183	Königsstuhl	—	[−13.5]	—	0
283	52853	»	+0.17	—	0.2	—
284	56087	Padua	+0.18	− 0.2	0.5	0.6
285	60999	Kremsmünster	+0.71	− 6.4	0.5	0.5
286	61236	Arcetri	+1.09	+ 0.2	0.5	0.4
287	61236	»	+1.02	− 0.2	0.5	0.4
288	98488	Mt. Hamilton	+0.72	+ 3.8	1.0	1.5
289	Mai 20.42419	Lemberg	[−0.14]	[−23.2]	0	0
290	45687	Kasan	+0.63	—	0.2	—
291	46741	»	—	− 1.4	—	0.3
292	62722	Arcetri	+0.75	+ 2.9	0.5	0.4
293	62722	»	+0.95	+ 1.8	0.5	0.4
294	21.00122	Mt. Hamilton	+0.83	+ 2.5	1.0	1.5
295	44591	Kasan	+0.80	+ 1.7	0.2	0.3
296	60656	Arcetri	+1.06	+ 4.5	0.5	0.4
297	60656	»	+1.04	+ 4.8	0.5	0.4
298	81164	Philadelphia	+0.77	− 1.6	0.6	1.25
299	22.37566	Kasan	+0.70	—	0.2	—
300	37710	»	—	+ 5.6	—	0.3
301	38211	Lemberg	[+0.76]	[− 2.8]	0	0
302	41463	Genf	+0.12	− 5.6	0.2	0.1
303	45354	Königsberg	+0.78	+ 0.6	0.75	0.8
304	45790	Lemberg	[+1.29]	[+104.4]	0	0
305	48915	Königsberg	+1.05	+ 1.0	0.75	0.8
306	23.37054	Kasan	+0.89	+ 0.8	0.2	0.3
307	47543	Utrecht	+0.70	+ 0.1	0.5	0.75
308	68081	Philadelphia	+0.95	+ 3.2	0.6	1.25
309	68081	»	+0.89	+ 2.6	0.6	1.25
310	Mai 24.40433	Königsberg	+0.82	+ 8.5	0.75	0.8
311	41424	Marseille	+0.77	+ 8.2	0.5	0.5
312	42202	Lemberg	[+1.79]	[+758.5]	0	0
313	48425	Göttingen A	+1.17	[− 9.0]	0.25	0
314	48425	»	+0.70	[−12.5]	0.25	0
315	71329	Philadelphia	+0.75	+ 4.2	0.6	1.25
316	25.37795	Kasan	+0.61	− 4.1	0.2	0.3
317	49893	Greenwich	+0.77	+ 5.6	1.5	1.5
318	70971	Philadelphia	+0.47	+ 5.3	0.6	1.25
319	26.38055	Lemberg	[+0.89]	[−42.9]	0	0
320	38055	»	[+0.85]	[−34.7]	0	0
321	40214	Kasan	+0.74	+ 1.8	0.2	0.3
322	41353	Genf	+0.74	+ 5.0	0.2	0.1
323	44623	»	+0.68	− 4.1	0.2	0.1
324	45238	Marseille	+0.78	+ 2.1	0.5	0.5
325	46224	Liverpool	+0.86	+ 6.0	0.3	1.0
326	47782	Greenwich	+0.85	+ 7.0	1.5	1.5
327	49252	Besançon	+0.86	+ 4.9	0.75	2.75
328	67507	Philadelphia	+1.09	+ 7.8	0.6	1.25
329	27.40687	Genf	+0.40	+ 1.1	0.2	0.1
330	42489	Strassburg	+0.73	+ 5.5	1.5	1.75
331	42489	»	+0.82	+ 7.2	1.5	1.75

Digitized by Google

No.	1899	Beobachtungsort	$\Delta\alpha\cos\delta$	$\Delta\delta$	$p\,\alpha$	$p\,\delta$
332	Mai 27.44103	Marseille	+0^s.60	+ 5″.2	0.5	0.5
333	44907	Liverpool	+0.72	+11.4	0.3	1.0
334	50610	Besançon	+0.77	+ 6.0	0.75	2.75
335	53275	Lemberg	[+0.04]	[+14.1]	0	0
336	Mai 28.35533	Kasan	+0.72	+ 7.2	0.2	0.3
337	75422	Philadelphia	+0.67	+14.3	0.6	1.0
338	29.40405	Genf	+0.77	+ 4.7	0.2	0.1
339	49054	Göttingen Sch	−0.24	+ 2.9	0.1	0.4
340	49705	Liverpool	+0.13	+ 9.4	0.3	1.0
341	49705	»	−0.09	+10.5	0.3	1.0
342	52438	Besançon	+0.37	+11.7	0.75	2.75
343	53555	Greenwich	+0.49	+11.6	0.49	1.33
344	30.39467	München	+0.22	+11.3	1.9	1.6
345	39629	Genf	+0.31	+ 6.4	0.2	0.1
346	41568	Königsberg	+0.48	+12.9	0.75	0.8
347	43471	Göttingen A	+0.71	+10.4	0.25	0.4
348	44273	Bordeaux F	+0.17	+ 9.7	0.5	0.5
349	46598	Liverpool	+0.64	+10.3	0.3	1.0
350	47438	Göttingen A	+0.03	+10.1	0.25	0.4
351	48161	Greenwich	+0.41	+14.2	1.5	1.33
352	48877	Marseille	+0.52	+10.6	0.4	0.4
353	49167	Arcetri	+0.19	+14.9	0.5	0.4
354	49167	»	+0.47	+14.7	0.5	0.4
355	49670	Poughkeepsie B	+0.71	+ 4.9	0.25	0.25
356	50195	Hamburg Sch	+0.51	+10.8	0.5	1.0
357	50195	»	+0.57	+11.8	0.5	1.0
358	51563	Göttingen Sch	[−6.91]	[+ 3.6]	0	0
359	53225	Besançon	+0.45	+11.8	0.75	2.75
360	60316	Königsstuhl	+0.15	+17.6	1.0	0.25
361	68615	Poughkeepsie E	+0.34	+12.6	0.5	0.5
362	77930	Philadelphia	+0.33	+ 9.0	0.6	1.3
363	Mai 31.40214	Genf	+0.29	+ 9.7	0.2	0.1
364	41061	Strassburg	+0.42	+13.6	1.33	1.75
365	41061	»	+0.50	+13.0	1.33	1.75
366	42520	Bordeaux F	+0.34	+14.5	0.5	0.5
367	45269	Greenwich	+0.32	+13.6	1.5	1.33
368	46122	Marseille	+0.39	+13.1	0.4	0.4
369	46163	Hamburg Sl	+0.37	+16.6	1.0	0.75
370	46402	Liverpool	+0.31	+11.6	0.3	1.0
371	46402	»	+0.30	+15.6	0.3	1.0
372	46598	Hamburg Sl	−0.01	+12.5	1.0	0.75
373	46598	»	+0.16	+12.5	1.0	0.75
374	47537	Göttingen Sch	+1.01	+10.9	0.1	0.4
375	49614	Poughkeepsie B	+0.61	+ 9.7	0.5	0.5
376	50180	Göttingen Sch	+0.28	+ 6.1	0.1	0.4
377	50827	Padua	+0.19	+ 7.9	0.5	0.6
378	52621	Arcetri	+0.20	+13.7	0.5	0.4
379	52621	»	+0.20	+13.7	0.5	0.4
380	53256	Besançon	+0.09	+11.2	0.75	2.75
381	69904	Poughkeepsie E	+0.46	+ 6.7	0.5	0.5
382	Juni 1.42472	Strassburg	+0.27	+14.5	1.33	1.75
383	44612	Lemberg	[−0.71]	[− 8.2]	0	0
384	44855	Liverpool	+0.43	+13.8	0.3	1.0
385	45359	Arcetri	+0.15	+12.9	0.5	0.4
386	45359	»	−0.02	+15.8	0.5	0.4
387	45612	Göttingen Sch	[−1.21]	[+35.0]	0	0
388	46455	» A	+0.51	+17.7	0.25	0.4
389	46621	Padua	+0.05	+ 9.3	0.5	0.6
390	51953	Marseille	+0.50	+15.9	0.4	0.4
391	Juni 1.55836	Besançon	−0^s.01	+11″.0	0.75	
392	56428	Königsstuhl	0.00	+17.1	0.5	
393	2.40135	Arcetri	+0.13	+18.3	0.5	
394	40135	»	−0.09	+18.4	0.5	
395	41081	Padua	+0.26	+10.6	0.5	
396	42487	Königsberg	+0.11	+13.2	1.0	
397	43420	Genf	−0.06	+ 5.5	0.2	
398	44262	Königsberg	+0.05	—	1.0	
399	44331	Bordeaux R	+0.14	+13.5	0.66	
400	44380	Liverpool	−0.03	+13.8	0.3	
401	44380	»	−0.18	+13.9	0.3	
402	44966	Pola	[−0.09]	[+ 7.8]	0	
403	45363	Göttingen A	[+1.76]	[−11.0]	0	
404	45563	Lemberg	−0.32	—	0	
405	45563	»	[−0.20]	—	0	
406	45586	Göttingen Sch	−0.29	+10.3	0.1	
407	46392	München	+0.17	+13.0	1.75	
408	46392	»	+0.11	+12.3	1.75	
409	47364	Greenwich	+0.05	+14.3	1.5	
410	47686	Padua	+0.50	+ 9.1	0.5	
411	49352	»	+0.38	+ 9.2	0.5	
412	54650	Königsstuhl	−0.26	+14.0	1.0	
413	67391	Philadelphia	+0.24	+12.6	0.6	
414	Juni 3.39050	Padua	+0.38	+ 6.4	0.5	
415	42732	Arcetri	+0.09	+15.9	0.5	
416	44878	Bordeaux R	+0.14	+16.9	0.66	
417	61761	Padua	+0.28	+12.2	0.5	
418	62753	Bethlehem	−0.17	+14.4	0.5	
419	64949	Poughkeepsie W	+0.01	+15.6	0.5	
420	73132	Philadelphia	+0.05	+13.7	0.6	
421	4.39374	Pola	[+1.34]	[+30.5]	0	
422	42271	Padua	+0.03	+12.0	0.5	
423	42999	Göttingen A	−0.08	+16.7	0.4	
424	44504	» Sch	+0.43	+14.7	0.1	
425	44827	Padua	−0.01	+12.5	0.5	
426	45696	Genf	[−1.75]	+13.0	0	
427	45865	Liverpool	+0.19	+16.5	0.3	
428	51391	Königsstuhl	−0.58	+10.5	0.5	
429	60331	Padua	+0.06	+11.6	0.5	
430	62596	»	−0.16	+14.9	0.5	
431	65416	Philadelphia	−0.16	+14.3	0.6	
432	5.38379	Lemberg	[−0.70]	[− 0.3]	0	
433	41136	Arcetri	−0.39	+11.8	0.5	
434	41136	»	−0.01	+ 9.7	0.5	
435	42112	Genf	−0.29	+18.2	0.2	
436	43001	Padua	−0.05	+11.2	0.5	
437	43369	Bordeaux R	−0.10	+10.9	0.66	
438	43863	Göttingen Sch	+0.56	+12.8	0.1	
439	44153	Strassburg	−0.28	+14.4	1.5	
440	44694	Göttingen A	−0.03	[− 3.5]	0.25	
441	44694	»	−0.29	[− 3.4]	0.25	
442	45021	München	−0.28	+12.2	1.9	
443	45772	Liverpool	+0.01	+14.3	0.3	
444	45772	»	−0.05	+14.7	0.3	
445	47061	Greenwich	−0.29	+13.1	1.5	
446	49549	Hamburg Sch	−0.44	+ 9.1	0.5	
447	49952	Königsstuhl	−0.19	+14.6	1.0	
448	56183	Göttingen	[−2.16]	[+ 3.0]	0	
449	59283	Padua	−0.07	+11.9	0.5	

Digitized by Google

o.	1899	Beobachtungsort	$\Delta\alpha \cos\delta$	$\Delta\delta$	$p\alpha$	$p\delta$
0	Juni 6.38444	Arcetri	−0^s.39	+ 9″.3	0.5	0.4
1	38444	»	−0.25	+ 7.2	0.5	0.4
2	42022	Padua	−0.03	+10.2	0.5	0.66
3	43426	München	−0.24	+13.9	1.75	1.66
4	46012	Liverpool	−0.12	+11.6	0.3	1.0
5	46979	Greenwich	−0.34	+ 9.5	1.5	1.33
6	48629	Königsstuhl	−0.49	+11.7	1.0	1.0
7	49463	Bordeaux F	−0.59	+11.6	0.5	0.5
8	71283	Poughkeepsie E	−0.29	+ 9.5	0.5	0.5
9	94222	Mt. Hamilton	−0.46	+12.8	1.0	1.5
0	7.41035	München	−0.41	+12.3	1.9	1.66
1	41102	Padua	−0.22	+ 9.5	0.5	0.66
2	41193	Arcetri	−0.17	+16.0	0.5	0.4
3	41193	»	−0.28	+13.3	0.5	0.4
4	41812	Genf	−0.67	+ 8.7	0.2	0.1
5	42209	Strassburg	−0.38	+13.1	1.33	1.75
6	42209	»	−0.25	+13.4	1.33	1.75
7	44153	Göttingen A	−0.37	+ 7.3	0.25	0.4
8	44153	»	−0.03	+ 6.8	0.25	0.4
9	47373	Marseille	−0.50	+ 9.4	0.4	0.4
9	51910	Hamburg Sch	−0.60	+ 9.1	0.5	1.0
	60320	Padua	−0.13	+ 4.6	0.5	0.66
	62045	»	−0.26	+ 9.3	0.5	0.66
	65395	Bethlehem	−0.34	[+25.5]	0.5	0
	93478	Mt. Hamilton	−0.50	+13.9	1.0	1.5
	8.43548	Marseille	−0.64	+11.0	0.4	0.4
	43647	Strassburg	−0.22	+ 5.0	1.33	0.9
	43647	»	−0.25	+10.6	1.33	1.8
	45561	Besancon	−0.48	+ 5.6	0.75	2.75
	46731	Liverpool	−0.50	+ 9.5	0.3	1.0
	46731	»	−0.34	+ 6.3	0.3	1.0
	50441	Lyon	−0.40	+15.3	0.25	0.25
	50838	Arcetri	−0.76	+ 7.0	0.5	0.4
	52534	Lyon	−0.47	+ 5.8	0.25	0.25
	58433	Wien	−0.50	+ 4.4	0.5	0.25
	63081	Bethlehem	−0.13	+12.2	0.5	1.0
	94623	Mt. Hamilton	−0.45	+10.3	1.0	1.5
	Juni 9.41212	Genf	−0.52	+ 5.4	0.2	0.1
	44092	Besançon	−0.32	+ 2.6	0.75	0.5
	44423	München	−0.31	+10.8	1.75	1.5
	45241	Liverpool	−0.38	+ 9.7	0.3	1.0
	45241	»	−0.42	+10.6	0.3	1.0
	45284	Königsstuhl	−0.71	[+ 7.3]	1.0	0
	45371	Greenwich	−0.35	+11.1	1.5	1.33
	55244	Lyon	−0.19	+ 5.1	0.25	0.25
	10.41380	Genf	−0.73	+15.7	0.2	0.1
	41624	Strassburg	−0.40	+11.3	1.33	1.75
	43467	Lyon	−0.65	+ 2.3	0.2	0.1
	43533	Besançon	−0.50	+ 6.4	0.75	1.0
	44316	Königsstuhl	−0.84	[+ 7.7]	0.5	0
	45138	München	−0.33	+ 8.6	1.9	1.66
	45273	Lyon	−0.44	[− 5.3]	0.2	0
	48134	Liverpool	−0.05	+ 9.6	0.3	1.0
	49215	Greenwich	−0.58	+11.8	1.5	1.33
	50697	Göttingen A	[+0.94]	[+ 6.7]	0	0
	51863	Göttingen Sch	[+0.99]	[+ 1.9]	0	0
	51981	Greenwich	−0.56	+10.8	1.5	1.33
	52974	Hamburg Sl	−0.74	[− 4.2]	1.0	0
	11.43445	Königsstuhl	−0.66	+ 8.1	2.0	2.0

No.	1899	Beobachtungsort	$\Delta\alpha \cos\delta$	$\Delta\delta$	$p\alpha$	$p\delta$
509	Juni 11.44079	München	−0^s.45	+ 9″.2	1.9	1.66
510	45929	Greenwich	−0.72	+10.4	1.5	1.33
511	47572	Jena K	−0.48	+ 8.8	1.0	1.0
512	Juni 12.40906	Strassburg	−0.62	+ 9.6	1.4	1.75
513	41770	Lyon	−0.01	+ 3.9	0.2	0.1
514	42637	Königsstuhl	−0.66	+ 8.2	2.0	2.0
515	43351	Lyon	−0.17	+ 9.3	0.2	0.1
516	43766	München	−0.33	+ 7.8	1.9	1.66
517	45797	Marseille	−0.77	+ 7.9	0.4	0.4
518	46755	Göttingen	[−2.02]	[+ 4.1]	0	0
519	47477	Liverpool	−0.88	+ 9.7	0.3	1.0
520	47477	»	−0.76	+ 8.6	0.3	1.0
521	48120	Greenwich	−0.63	+ 9.8	1.4	1.33
522	48431	Königsstuhl V	—	[+32.1]	—	0
523	50038	Königsstuhl V	−0.41	—	0.5	—
524	52257	Besançon	−0.33	+ 7.2	0.75	2.75
525	52328	Arcetri	−0.02	+ 6.4	0.5	0.4
526	13.41868	Königsstuhl	−0.81	+10.6	2.0	2.0
527	44065	Genf	−0.20	+16.8	0.2	0.1
528	46213	Liverpool	—	+12.5	—	0.5
529	46471	Königsstuhl	−0.47	+11.1	0.3	1.0
530	47949	Bordeaux R	−0.20	+10.4	0.66	0.33
531	48285	Königsstuhl	−0.76	—	0.5	—
532	49622	Besançon	−0.44	+ 9.6	0.75	2.75
533	53542	Lyon	−0.50	+ 7.3	0.2	0.1
534	55544	»	−0.23	+ 6.8	0.2	0.1
535	14.41972	Marseille	−0.08	+ 4.2	0.4	0.4
536	47197	Bordeaux R	−0.62	+ 3.5	0.66	0.33
537	48394	Liverpool	−0.18	+ 6.7	0.3	1.0
538	49682	Lyon	−0.54	+ 3.3	0.2	0.1
539	50098	Besançon	−0.40	+ 9.5	0.75	2.75
540	56666	Utrecht	−0.62	+ 6.0	0.5	0.75
541	62023	Philadelphia	−0.90	+ 7.5	0.6	1.3
542	Juni 15.46771	Lyon	−0.67	+ 8.1	0.2	0.1
543	47490	Greenwich	−0.94	+ 6.2	1.4	1.33
544	48418	Lyon	−0.58	+ 8.8	0.2	0.1
545	49541	Liverpool	−1.01	+ 8.0	0.3	1.0
546	51190	Königsberg	−0.63	—	0.75	—
547	52585	»	—	+ 8.3	—	0.8
548	54157	Besançon	−0.58	+ 5.8	0.75	2.75
549	57875	Utrecht	−1.11	+10.9	0.5	0.75
550	16.48111	Bordeaux F	−0.90	+ 6.5	0.5	0.5
551	44646	Lemberg	—	—	—	—
552	45814	Strassburg	−0.62	+ 8.6	1.33	1.75
553	46445	»	−0.79	+ 3.7	1.33	1.75
554	47352	Greenwich	−0.71	+ 3.6	1.4	1.33
555	48385	Liverpool	−0.66	+ 3.5	0.3	1.0
556	50906	Königsstuhl	—	+11.3	—	0.5
557	51330	Hamburg Sch	−0.45	+ 1.7	0.5	1.0
558	54831	Königsstuhl	−0.85	—	0.75	—
559	56543	Utrecht	−0.50	+ 3.9	0.5	0.75
560	17.40869	Marseille	−0.46	− 0.6	0.4	0.4
561	44275	Strassburg	−0.62	+ 6.6	1.33	1.75
562	Juni 19.42820	Marseille	−0.69	+ 3.4	0.4	0.4
563	44155	Strassburg	−0.75	+ 6.0	1.33	1.75
564	56171	Königsstuhl	—	+ 6.4	—	0.5
565	58069	»	−0.85	—	0.6	—
566	73749	Philadelphia	−0.47	+ 6.1	0.6	1.3
567	21.63565	»	−0.62	+ 6.0	0.6	1.3

Digitized by Google

No.	1899	Beobachtungsort	$\Delta\alpha \cos\delta$	$\Delta\delta$	$p\,\alpha$	$p\,\delta$
568	Juni 21.71114	Denver	−0^{s}70	+ 5″5	0.75	1.25
569	72387	»	−0.43	+ 4.1	0.75	1.25
570	73252	»	−0.47	+ 7.6	0.75	1.25
571	22.04880	Philadelphia	−0.75	+ 6.2	0.6	1.3
572	23.49679	Utrecht	−0.80	+ 0.8	0.5	0.25
573	62753	Philadelphia	−0.92	+ 7.0	0.6	1.3
574	Juni 25.46446	Bordeaux R	−0.82	+ 5.0	0.66	0.33
575	26.42657	Genf	−0.99	− 0.8	0.2	0.1
576	45900	Bordeaux	−0.42	+ 6.0	0.66	0.33
577	70065	Poughkeepsie W	−0.31	+ 8.9	0.33	0.33
578	82682	Denver	−0.83	+ 1.9	0.75	1.25
579	84281	»	−0.84	+ 3.7	0.75	1.25
580	92493	Mt. Hamilton	−0.68	+ 2.7	1.0	1.5
581	27.41646	Arcetri	−0.35	+ 1.5	0.5	0.4
582	41694	Padua	−0.25	+ 0.8	0.5	0.66
583	43335	Genf	−0.54	− 0.1	0.2	0.1
584	43568	Besançon	−0.60	+ 0.2	0.75	2.75
585	44337	Strassburg	−0.57	+ 3.2	1.5	1.75
586	47392	Bordeaux R	—	—	—	—
587	66131	Poughkeepsie W	−0.27	− 2.7	0.33	0.33
588	79516	Denver	−0.63	+ 3.9	0.75	1.25
589	80743	»	−0.67	+ 4.1	0.75	1.25
590	99728	Windsor	−0.22	− 0.9	0.25	0.5
591	28.40157	Arcetri	−0.85	+ 3.0	0.5	0.4
592	40157	»	−0.62	+ 2.5	0.5	0.4
593	41793	Padua	−0.31	+ 3.5	0.5	0.66
594	42010	München	−0.40	+ 2.8	1.8	1.66
595	45997	Königsberg	−0.67	+ 0.1	0.75	0.8
596	95904	Windsor	−0.17	+ 2.6	0.25	0.5
597	98978	»	−0.12	− 2.3	0.25	0.5
598	29.42189	Arcetri	−0.11	+ 3.2	0.5	0.4
599	46258	Königsberg	−0.86	—	0.75	—
600	47517	»	—	+ 2.8	—	0.8
601	73621	Denver	−0.73	+ 4.5	0.75	1.25
602	74622	»	−0.70	+ 3.2	0.75	1.25
603	Juni 30.42391	Lyon	−0.86	− 8.1	0.25	0.25
604	43920	»	−1.04	− 6.6	0.25	0.25
605	45805	»	−0.84	− 5.5	0.25	0.25
606	45898	Genf	−0.89	+10.7	0.2	0.1
607	Juli 1.41417	Wien	—	—	—	—
608	94545	Windsor	−0.26	+ 1.3	0.5	0.5
609	2.49536	Utrecht	[+0.15]	− 0.7	0	0.5
610	97355	Windsor	−0.30	+11.6	0.5	0.25
611	98390	»	+0.04	+ 3.1	0.5	0.5
612	3.41087	Arcetri	−0.56	− 3.3	0.5	0.4
613	45320	Padua	−0.23	+ 3.8	0.5	0.66
614	94794	Windsor	−0.35	− 2.9	0 5	0.25
615	4.41798	Arcetri	−0.67	− 1.6	0.5	0.4
616	47720	Bordeaux R	−0.24	+ 4.7	0.66	0.33
617	88901	Mt. Hamilton	−1.23	+ 6.1	1.0	1.5
618	94933	Windsor	−0.38	+ 2.6	0.5	0.5
619	5.44111	Bordeaux F	−0.73	+ 3.5	0.5	0.5
620	71457	Denver	−0.72	+ 3.1	0.75	1.1
621	72369	»	−0.66	+ 2.6	0.75	1.1
622	72822	»	−0.49	+ 1.0	0.75	1.1
623	86347	Mt. Hamilton	−0.60	+ 1.2	1.0	1.5
624	93156	Windsor	+0.02	− 2.6	0.25	0.25
625	Juli 6.48230	Königsberg	−0^{s}63	+ 2″0	0.75	
626	70831	Denver	−0.66	+ 4.0	0.75	
627	71491	»	−0.86	+ 2.4	0.75	
628	72256	»	−0.74	+ 0.7	0.75	
629	73074	»	−0.64	+ 4.1	0.75	
630	Juli 7.41041	Arcetri	−0.54	− 2.3	0.5	
631	43664	Bordeaux F	−1.05	0.0	0.5	
632	45170	Königsberg	—	− 0.8	—	
633	45481	Besançon	−0.53	− 0.2	0.75	
634	47272	Königsberg	−0.68	—	0.75	
635	8.45517	Bordeaux F	−0.59	− 5.5	0.5	
636	46166	Strassburg	−0.45	+ 1.3	1.33	
637	48044	»	−0.40	+ 3.9	1.33	
638	9.45688	Bordeaux R	−0.70	− 1.3	0.66	
639	10.39558	Wien	[+1.71]	+ 0.9	0	
640	42315	Strassburg	−0.56	+ 1.6	1.5	
641	42315	»	−0.48	+ 0.8	1.5	
642	42374	Padua	−0.57	+ 2.5	0.5	
643	46303	Besançon	−0.39	+ 0.5	0.75	
644	46303	»	−0.37	− 1.9	0.75	
645	11.43959	Arcetri	−0.19	− 2.9	0.5	
646	82002	Mt. Hamilton	−0.45	− 0.5	1.0	
647	12.42151	Strassburg	−0.47	− 1.5	1.5	
648	92712	Windsor	[+0.48]	+ 1.9	0	
649	13.45723	Bordeaux R	−0.54	+ 2.5	0.66	
650	84788	Mt. Hamilton	−0.46	+ 0.2	1.0	
651	14.40452	Teramo	−1.26	+ 2.1	0.75	
652	47158	Bordeaux R	−0.45	+10.3	0.66	
653	15.37243	Teramo	−0.64	+ 0.4	0.75	
654	48110	Bordeaux R	−0.68	+ 4.5	0.66	
655	79576	Mt. Hamilton	−0.50	+ 1.6	1.0	
656	Juli 23.75767	Mt. Hamilton	−0.79	+ 0.1	1.0	
657	25.69965	Denver	−0.88	+ 3.0	0.75	
658	70853	»	−0.65	+ 3.0	0.75	
659	26.35518	Teramo	−0.83	+ 6.2	0.75	
660	27.46872	»	−0.52	− 0.6	0.75	
661	68129	Denver	−0.35	− 0.1	0.75	
662	69401	»	−0.50	+ 2.1	0.75	
663	28.36906	Teramo	−0.69	− 0.6	0.75	
664	30.73300	Mt. Hamilton	−0.60	+ 0.8	1.0	
665	31.36914	Teramo	−0.38	− 1.3	0.75	
666	40862	Strassburg	−0.46	+ 0.8	1.5	
667	70059	Denver	−0.51	+ 1.3	0.75	
668	71176	»	−0.48	− 2.9	0.75	
669	71722	Mt. Hamilton	−0.81	+ 0.9	1.0	
670	August 1.40883	Strassburg	−0.40	+ 0.7	1.5	
671	2.38300	Teramo	−0.66	− 7.8	0.75	
672	4.35794	»	−0.44	− 1.1	0.75	
673	5.37069	»	−0.41	− 1.9	0.75	
674	7.35813	»	+0.13	− 4.1	0.75	
675	68325	Denver	−0.52	− 0.8	0.75	
676	69210	»	−0.49	− 2.6	0.75	
677	8.72681	»	−0.35	+ 1.4	0.75	
678	72681	»	−0.41	− 3.5	0.75	
679	10.40674	Strassburg	−0.84	+ 2.5	1.0	
680	67742	Denver	−0.48	− 0.2	0.75	
681	67742	»	−0.55	− 0.1	0.75	
682	12.38030	Teramo	−0.86	− 1.0	0.75	

Digitized by Google

Um aus den vorstehenden Beobachtungen die Normalörter zur Bestimmung der Elementen-Verbesserungen aufstellen zu können, muss vorher überlegt werden, in welchen Intervallen ich die abgeleiteten Ephemeridenkorrektionen zu einem Normalort zusammenfassen kann. Die Ephemeridenkorrektion ist eine Funktion der Elementenverbesserungen und der Zeit, da der Ephemeridenort eine Funktion der Elemente und der Zeit ist. Die Elementenverbesserungen sind für die ganze Erscheinung konstant, üben also auf die Ephemeridenkorrektion einen konstanten Einfluss aus. Ich kann daher die Ephemeridenkorrektion in der Form:

$$V = a+b(t-t_0)+c(t-t_0)^2+d(t-t_0)^3+\ldots\ldots\ldots$$

darstellen. Entsprechen daher den Zeitpunkten

$$t_1,\ t_2,\ t_3\ldots\ldots\ldots t_n$$

die Werthe der Ephemeridenkorrektion

$$V_1,\ V_2,\ V_3\ldots\ldots\ldots V_n,$$

so hat man die Gleichungen:

$$\begin{aligned}
V_1 &= a+b(t_1-t_0)+c(t_1-t_0)^2+d(t_1-t_0)^3+\ldots\ldots\ldots\\
V_2 &= a+b(t_2-t_0)+c(t_2-t_0)^2+d(t_2-t_0)^3+\ldots\ldots\ldots\\
V_3 &= a+b(t_3-t_0)+c(t_3-t_0)^2+d(t_3-t_0)^3+\ldots\ldots\ldots\\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\\
V_n &= a+b(t_n-t_0)+c(t_n-t_0)^2+d(t_n-t_0)^3+\ldots\ldots\ldots
\end{aligned}$$

Die Bedingung dafür, dass die Funktion V linear fortschreitet, ist $c = d = 0$, also

$$\frac{V_1+V_2+V_3+\ldots.V_n}{n} = a+b\left(\frac{t_1+t_2+t_3+\ldots.t_n}{n}-t_0\right).$$

Wählt man nun t_0 so, dass $\frac{t_1+t_2+t_3+\ldots.t_n}{n} = t_0$, das heisst, nimmt man für t_0 das Mittel der Zeiten, so wird $\frac{V_1+V_2+V_3+\ldots.V_n}{n} = a$, d. h. das Mittel aus allen Ephemeriden-Korrektionen entspricht der Mitte der Zeit. Die Bedingung

$$c = d = 0$$

wird aber für grössere Zeitintervalle nur erfüllt, wenn das Ausgangs-Elementensystem die Kometenörter auf wenige Sekunden genau darstellt. Im gegenwärtigen Falle werden aber die Koeffizienten c und d noch beträchtlich von Null verschiedene Werthe erreichen.

Um daher einen Ueberblick zu erhalten, welche Zeitintervalle für die Bildung eines Normalortes im vorliegenden Falle in Frage kommen, ging ich folgendermaassen vor:

Ich bildete 17 Normalörter, die die ganze Beobachtungsreihe umfassen, indem ich nur die Beobachtungen innerhalb 24 Stunden durch einfaches Mittelbilden unter Berücksichtigung der Gewichte zusammenzog. Aus diesen provisorischen Normalörtern ermittelte ich ein Elementensystem, das die Normalörter auf wenige Bogensekunden darstellte. An die Normalörter waren die in § 6 gegebenen Störungen bereits angebracht. Ich fand

$$T = 1899 \text{ April } 13.01509 \text{ mittlere Zeit Berlin.}$$

$$\left.\begin{array}{llll}
\omega = & 8°41'47''.50 & \omega' = & 47°25'44''.52\\
\Omega = & 24°59'12''.32 & \Omega' = & 60°50'14''.45\\
i = & 146°15'30''.01 & i' = & 164°24'50''.69
\end{array}\right\} \text{mittl. Aequinoktium } 1899.0$$

$$\log q = 9.5139785$$
$$\log e = 0.0001501.$$

Wie sich später herausstellte, weichen diese Elemente von den definitiven nur unbedeutend ab. Die an das Ausgangs-Elementensystem anzubringenden Korrektionen hatten sich wie folgt ergeben:

$$\begin{aligned}
d\omega' &= -8''.4600 & dT &= +0.000085475\\
d\Omega' &= -5''.4455 & dq &= +0.000003001\\
di' &= +4''.7733 & de &= -0.000048812
\end{aligned}$$

Digitized by Google

Ich berechnete nun nach den von Ebert in Klinkerfues, Theoret. Astronomie, 2. Aufl., gegebenen Formeln die Differentialquotienten $d\alpha$ und $d\delta$ nach den Elementenverbesserungen in 3-tägigen Intervallen. Da mir die Anwendung der Differentialquotienten $\frac{d\alpha}{\frac{da}{a}}$ und $\frac{d\delta}{\frac{da}{a}}$ in Verbindung mit $\frac{d\alpha}{\frac{de}{1-e^2}}$ und $\frac{d\delta}{\frac{de}{1-e^2}}$ des konstanten Verhältnisses 1 : 2 halber nicht thunlich erschien, so berechnete ich nachträglich die Differentialquotienten $\frac{d\alpha}{\frac{da}{a}}$, $\frac{d\delta}{\frac{da}{a}}$ nach den bekannten Schönfeld'schen Formeln. Die $\frac{d\alpha}{dq}$ und $\frac{d\delta}{dq}$ ergeben sich aus $\frac{d\alpha}{\frac{de}{1-e^2}}$ und $\frac{d\delta}{\frac{de}{1-e^2}}$ durch Multiplikation mit dem konstanten Faktor p. In die so gefundenen Differentialgleichungen führte ich nun die obigen Elementenverbesserungen ein und erhielt damit folgende Korrektionen der ursprünglichen Ephemeride:

	$d\alpha \cos\delta$	$d\delta$		$d\alpha \cos\delta$	$d\delta$
Mai 5.5	+ 4.″12	− 2.″13	Juni 4.5	−0.″65	+12.″09
8.5	+ 4.83	− 2.15	7.5	−3.95	+11.01
11.5	+ 6.07	− 2.06	10.5	−6.14	+ 9.52
14.5	+ 7.32	− 1.71	13.5	−7.49	+ 8.03
17.5	+ 8.72	− 1.11	16.5	−8.29	+ 6.84
20.5	+10.08	+ 0.21	19.5	−8.76	+ 5.88
23.5	+10.95	+ 2.54	22.5	−9.02	+ 5.03
26.5	+10.53	+ 5.96	25.5	−9.09	+ 4.38
29.5	+ 7.98	+ 9.35	28.5	−9.15	+ 3.80
Juni 1.5	+ 3.69	+11.87	Juli 1.5	−9.12	+ 3.53

Da diese Werthe einen derartigen Gang zeigen, dass ich die für die Mitte des Intervalles giltigen $d\alpha \cos\delta$ und $d\delta$ durch lineare Interpolation meist bis auf $^1/_{10}$″ richtig erhalte, so glaube ich auch berechtigt zu sein, bei der Aufstellung der definitiven Normalörter die in obiger Tabelle (pag. 31—36) abgeleiteten Abweichungen in 2- bis 3-tägigen Intervallen zur Bildung der Normalörter zusammenfassen zu können, ohne der Genauigkeit wesentlich zu schaden. Die Beobachtungen im März und nach dem 22. Juni habe ich in grösseren Intervallen zusammengezogen, da mir solches schon durch den Gang der Differentialquotienten gerechtfertigt erschien. Die zu einem Normalorte vereinigten Beobachtungen sind in der Zusammenstellung durch wagerechte Linien abgetrennt.

Als Epoche ist mit einer Ausnahme die dem Normalorte zunächstliegende Mitternacht oder Mittag betrachtet worden. Die auf solche Weise begangenen Fehler werden bei der grossen Anzahl der Normalörter auf das Endresultat nur geringen Einfluss haben. Als Gewicht habe ich für jeden Normalort die Summe der Einzelgewichte angesetzt. Ich erhielt so folgende Normalabweichungen, die im Sinne „Beobachtung minus Rechnung" gelten und daher an die Ephemeridenörter additiv anzubringen sind.

Normalort		$\Delta\alpha \cos\delta$	$\Delta\delta$	Normalort		$\Delta\alpha \cos\delta$	$\Delta\delta$
I	März 6.5	−0.″225	− 0.35	XIII	Juni 1.0	+0.″190	+12.89
II	13.0	−0.083	+ 1.10	XIV	4.5	−0.120	+13.87
III	15.5	−0.111	+ 0.86	XV	7.5	−0.345	+10.66
IV	18.5	−0.095	+ 1.52	XVI	10.5	−0.501	+ 9.58
V	25.0	−0.131	+ 1.62	XVII	13.5	−0.564	+ 7.82
VI	Mai 5.0	+0.046	− 4.07	XVIII	16.0	−0.724	+ 5.89
VII	12.5	+0.292	− 3.17	XIX	21.5	−0.670	+ 6.24
VIII	17.0	+0.612	− 2.51	XX	28.0	−0.593	+ 2.45
IX	19.0	+0.672	− 1.63	XXI	Juli 4.5	−0.510	+ 2.05
X	22.0	+0.859	+ 1.70	XXII	11.0	−0.544	+ 0.82
XI	26.25	+0.858	+ 5.92	XXIII	29.0	−0.603	+ 0.88
XII	30.0	+0.371	+11.42	XXIV	August 7.5	−0.487	− 1.00

Digitized by Google

§ 6. Störungen.

Zur Berechnung der Störungen habe die Encke'sche Methode der Störungen in den rechtwinkligen Ekliptikal-Koordinaten angewendet. Der Uebergang auf die rechtwinkligen Aequatorkoordinaten wurde nach den bekannten Formeln

$$\xi' = \xi$$
$$\eta' = \eta \cos\varepsilon - \zeta \sin\varepsilon$$
$$\zeta' = \eta \sin\varepsilon + \zeta \cos\varepsilon$$

ausgeführt. Die Störungen selbst wurden einmal direkt additiv an die rechtwinkligen Aequatorkoordinaten des Kometen angebracht und dann die Störungen in den polaren Koordinaten berechnet, ein anderes Mal habe ich die rechtwinkligen Koordinatenstörungen, die nur geringe Werthe haben, differentiell durch die folgenden Formeln in polare Koordinatenstörungen umgewandelt,

$$\Delta \cos\delta \, d\alpha = -\sin\alpha \, \xi' + \cos\alpha \, \eta'$$
$$\Delta \, d\delta = -\cos\alpha \sin\delta \, \xi' - \sin\alpha \sin\delta \, \eta' + \cos\delta \, \zeta'.$$

Verwendet wurden die auf die letzte Art gefundenen Störungswerthe, da sie sich genauer ermitteln lassen.

Die Elemente des Kometen, wie sie in § 2 gegeben sind, habe ich nach bekannten Formeln auf das mittlere Aquinoktium 1900.0 reduzirt und dann die rechtwinkligen Ekliptikalkoordinaten direkt neu gerechnet. Berücksichtigt wurden die Planeten Venus, Erde, Mars, Jupiter und Saturn, deren rechtwinklige Ekliptikalkoordinaten nach den Angaben des Berliner Jahrbuches gerechnet wurden. Die Störungen sind dann nach den von Oppolzer gegebenen Formeln auf das mittlere Aquinoktium 1899.0 bezogen worden. Der Unterschied ist praktisch ohne Bedeutung. Als Intervall wurden 10 Tage gewählt. Es wäre gewiss richtiger gewesen, das Intervall bei grösserer Annäherung an die Planeten Venus und Erde, also in der Zeit vom 19. April bis zum 8. Juni zu verengern. In Anbetracht der Nähe der gewählten Oskulationsepoche Mai 4 und des geringen Werthes der Störungen glaubte ich jedoch davon absehen zu können, ohne das Resultat wesentlich zu beeinträchtigen. Die nachstehende Uebersicht giebt die Störungen in Einheiten der siebenten Dezimale im Sinne „gestörte Bahn minus ungestörte Bahn", die daher additiv an die Koordinaten der Ephemeride anzubringen werden müssen.

Oskulationsepoche 1899 Mai 4.0

Datum	$\xi' = \xi$	η'	ζ'	η	ζ
1899 Februar 28.0	+ 12.1	+27.1	+ 2.6	+26.0	− 8.4
März 10.0	+ 7.3	+21.4	− 1.3	+19.1	− 9.7
20.0	+ 3.5	+14.7	− 4.3	+11.8	− 9.8
30.0	+ 0.6	+ 9.0	− 6.5	+ 5.6	− 9.5
April 9.0	− 1.3	+ 5.7	− 7.1	+ 2.4	− 8.8
19.0	0.0	+ 2.5	− 3.2	+ 1.0	− 4.0
29.0	0.0	+ 0.3	− 0.3	+ 0.1	− 0.4
Mai 9.0	− 0.2	+ 0.3	− 0.2	+ 0.2	− 0.4
19.0	− 2.5	+ 3.0	− 1.7	+ 2.0	− 2.8
29.0	− 9.0	+ 7.8	− 5.4	+ 5.0	− 8.1
Juni 8.0	− 20.3	+14.2	− 12.8	+ 8.0	− 17.4
18.0	− 36.7	+21.7	− 23.5	+10.6	− 30.2
28.0	− 59.1	+29.1	− 37.4	+11.8	− 45.9
Juli 8.0	− 89.0	+34.8	− 55.6	+10.0	− 64.4
18.0	−127.6	+37.4	− 77.2	+ 3.9	− 85.9
28.0	−176.4	+37.7	−104.5	− 7.1	−110.9
August 7.0	−236.6	+34.1	−137.5	−23.4	−139.7

Digitized by Google

Die für die Normalörter giltigen Störungsbeträge wurden durch Interpolation ermittelt und dann in Störungen der polaren Aequatorkoordinaten umgewandelt. Durch subtraktive Anbringung dieser Störungen an die im vorigen Paragraphen gegebenen Normalabweichungen erhalte ich folgende

Normalörter.

Epoche	α 1899.0	$\Delta\alpha$	$\Delta\alpha \cos\delta$	δ 1899.0	$\Delta\delta$	$p\alpha$	$p\delta$
I März 6.5	54° 25′ 35″.27	− 3″.91	− 3.56	−24° 24′ 38″.58	− 0″.60	2.0	1.825
II 13.0	47 4 1.84	− 1.47	− 1.41	−15 47 32.03	+ 0.97	2.2	2.425
III 15.5	44 45 36.98	− 1.88	− 1.83	−12 55 5.91	+ 0.79	2.175	2.575
IV 18.5	42 13 46.57	− 1.62	− 1.60	− 9 45 42.34	+ 1.52	2.05	2.65
V 25.0	37 12 48.49	− 2.10	− 2.10	− 3 49 59.02	+ 1.70	1.275	1.325
VI Mai 5.0	358 59 4.17	+ 0.76	+ 0.68	+25 45 17.78	− 4.07	0.99	1.94
VII 12.5	350 14 24.01	+ 5.28	+ 4.35	+34 28 46.70	− 3.17	1.6	2.16
VIII 17.0	342 12 49.58	+12.13	+ 9.13	+41 9 14.30	− 2.51	1.56	1.85
IX 19.0	337 23 51.40	+14.03	+10.02	+44 25 17.37	− 1.56	1.84	2.31
X 22.0	327 58 52.85	+19.85	+12.91	+49 24 51.64	+ 1.65	0.775	1.01
XI 26.25	308 28 15.11	+22.85	+12.98	+55 23 12.00	+ 5.78	1.36	1.17
XII 30.0	285 38 51.47	+10.78	+ 5.82	+57 21 8.01	+11.22	1.51	2.26
XIII Juni 1.0	273 13 50.05	+ 5.83	+ 3.21	+56 35 6.81	+12.79	3.0	3.75
XIV 4.5	254 48 2.80	− 2.08	− 1.26	+52 44 1.70	+13.93	1.81	2.09
XV 7.5	243 20 35.20	− 6.63	− 4.43	+48 4 49.29	+10.85	2.56	3.21
XVI 10.5	235 12 7.35	− 9.12	− 6.65	+43 11 42.02	+ 9.90	2.18	1.99
XVII 13.5	229 24 1.49	− 9.63	− 7.53	+38 35 6.84	+ 8.26	1.77	2.60
XVIII 16.0	225 48 15.29	−12.09	− 9.89	+35 6 2.42	+ 6.44	1.24	1.76
XIX 21.5	220 26 12.98	−10.28	− 9.02	+28 39 0.00	+ 6.96	0.74	1.18
XX 28.0	216 45 51.89	− 8.50	− 7.83	+22 50 25.58	+ 3.30	1.73	2.27
XXI Juli 4.5	214 41 21.24	− 6.89	− 6.54	+18 26 18.20	+ 2.99	1.44	1.76
XXII 11.0	213 33 34.32	− 7.26	− 7.01	+14 59 41.60	+ 1.85	1.98	2.98
XXIII 29.0	213 2 48.57	− 7.82	− 7.73	+ 8 22 45.69	+ 2.12	1.20	1.675
XXIV Aug. 7.5	213 38 11.06	− 5.96	− 5.92	+ 5 53 38.44	+ 0.35	1.075	1.375

Die Gewichte sind durch 10 dividirt, um für die numerische Rechnung kleinere Werthe zu gewinnen. Die rechtwinkligen heliozentrischen Koordinaten des Kometen habe ich nach den Formeln:

$$x = r\cos\Omega\cos u - r\sin\Omega\sin u\cos i$$
$$y = r\sin\Omega\cos u + r\cos\Omega\sin u\cos i$$
$$z = r\sin u\sin i$$

für die Epochen der Normalörter nochmals gerechnet und dann daraus die polaren Koordinaten des Kometen abgeleitet, um die Kometenörter möglichst genau zu erhalten.

§ 7. Ableitung der Elemente.

Zur endgiltigen Ausgleichung wurde das Elementensystem von Merfield, A. N. 3602, benutzt. Das in § 5 gegebene System habe ich nicht berücksichtigt, um die nochmalige Rechnung der Ephemeride und theilweise der Differentialquotienten zu vermeiden. Die Elemente des § 2 genügen für den vorliegenden Zweck. Die Berechnung der Differentialquotienten für die den 24 Normalörtern entsprechenden Bedingungsgleichungen habe ich nach den bekannten Schönfeld'schen Formeln ausgeführt. Durch doppelte unabhängige Rechnung (einmal 6-stellig, das andere mal 5-stellig) und theilweise Vergleichung mit den in § 5 erwähnten Differentialquotienten nach Ebert, die durch zweckmässige Variation der Elemente geprüft worden waren, habe ich für eine durchgreifende Kontrole Sorge getragen. Auch wird die zwischen den Differentialquotienten nach $d\lambda$ und $d\nu$ bestehende Gleichung

$$\cos\delta\frac{d\alpha}{d\lambda} : \cos\delta\frac{d\alpha}{d\nu} = \frac{d\delta}{d\lambda} : \frac{d\delta}{d\nu} = \cot v$$

erfüllt. Die Koeffizienten der Bedingungsgleichungen theile ich hier logarithmisch mit. Um eine Kontrole bei der Ausgleichung zu haben, wurden die Normalörter in 8 Gruppen zu je 6 getheilt und aus je 6 wagerechten und senkrechten Reihen die Summen gebildet. Die Summe aus den wagerechten Reihen dient zur Verifizirung der Multiplikation mit den Quadratwurzeln der Gewichte, die den senkrechten Reihen entsprechende Summe verwende ich bei der Schlusskontrole.

Digitized by Google

I. Rektascensionen.

I	9.06531 $d\lambda$	9.49129 $d\nu$	9.61590$_n$ $d\varkappa$	0.11689 $\frac{k}{\sqrt{p}} dT$	9.96878 $\varepsilon \frac{da}{a}$	0.13569$_n$ dq	= 0.55151$_n$
II	8.80264	9.38423	9.46754$_n$	0.08695	9.85524	0.00576$_n$	0.15061$_n$
III	8.66371	9.33817	9.43006$_n$	0.07794	9.79778	9.96418$_n$	0.26303$_n$
IV	8.43296	9.27935	9.39844$_n$	0.07017	9.72078	9.92023$_n$	0.20318$_n$
V	7.82765$_n$	9.13420	9.36915$_n$	0.06816	9.52569	9.84186$_n$	0.32125$_n$
VI	7.65000	8.97394$_n$	9.20640$_n$	0.10473	9.74765$_n$	9.72425	9.83537
VII	8.35084	8.98630$_n$	9.31792$_n$	0.16151	9.97994$_n$	9.92516	0.63873
VIII	8.34886	8.84821$_n$	9.52891$_n$	0.21220	0.07779$_n$	0.10508	0.96062
IX	8.19164	8.64694$_n$	9.64950$_n$	0.23615	0.10261$_n$	0.19650	1.00088
X	7.93588$_n$	8.33655	9.84388$_n$	0.26833	0.09848$_n$	0.33991	1.11107
XI	8.93177$_n$	9.27114	0.10480$_n$	0.28195	9.87258$_n$	0.52865	1.11328
XII	9.27054$_n$	9.56645	0.26456$_n$	0.21665	9.53818	0.63286	0.76463
XIII	9.37046$_n$	9.64617	0.30901$_n$	0.13910	0.01440	0.65155	0.50662
XIV	9.45545$_n$	9.69970	0.32906$_n$	9.94021	0.30647	0.63264	0.10023$_n$
XV	9.47463$_n$	9.69509	0.31184$_n$	9.72516	0.40453	0.58747	0.64637$_n$
XVI	9.47028$_n$	9.66934	0.28170$_n$	9.47903	0.44781	0.53357	0.82275$_n$
XVII	9.45522$_n$	9.63486	0.24773$_n$	9.19357	0.46488	0.47927	0.87667$_n$
XVIII	9.43917$_n$	9.60392	0.21956$_n$	8.89767	0.46865	0.43633	0.99528$_n$
XIX	9.40145$_n$	9.53684	0.16272$_n$	7.98525$_n$	0.46153	0.35249	0.95528$_n$
XX	9.36030$_n$	9.46579	0.10704$_n$	8.65199$_n$	0.44345	0.27202	0.89396$_n$
XXI	9.32566$_n$	9.40525	0.06261$_n$	8.70859$_n$	0.42396	0.20812	0.81533$_n$
XXII	9.29736$_n$	9.35415	0.02714$_n$	8.67137$_n$	0.40586	0.15684	0.84589$_n$
XXIII	9.24444$_n$	9.24969	9.96033$_n$	8.39204$_n$	0.36583	0.05803	0.88818$_n$
XXIV	9.22726$_n$	9.21025	9.93721$_n$	8.14202$_n$	0.34954	0.02233	0.77223$_n$

II. Deklinationen.

XXV	9.57564 $d\lambda$	0.00162 $d\nu$	9.78970 $d\varkappa$	9.58150$_n$ $\frac{k}{\sqrt{p}} dT$	9.51881 $\varepsilon \frac{da}{a}$	0.17241 dq	= 9.77815$_n$
XXVI	9.34481	9.92641	9.57968	9.66152$_n$	8.90495	0.00763	9.98677
XXVII	9.21559	9.89105	9.49395	9.64430$_n$	8.48971	9.93816	9.89763
XXVIII	8.99770	9.84409	9.38984	9.62115$_n$	7.83276$_n$	9.85207	0.18184
XXIX	8.41588$_n$	9.72243	9.16697	9.57143$_n$	8.58057$_n$	9.65710	0.23045
XXX	8.53404	9.85798$_n$	9.23111	9.50354$_n$	7.58913	9.70947$_n$	0.60959$_n$
XXXI	9.37220	0.00765$_n$	9.58797	9.58006$_n$	9.22547$_n$	0.01302$_n$	0.50106$_n$
XXXII	9.57831	0.07767$_n$	9.78306	9.56571$_n$	9.65731$_n$	0.16932$_n$	0.39967$_n$
XXXIII	9.64677	0.10207$_n$	9.85800	9.50976$_n$	9.81992$_n$	0.22502$_n$	0.19312$_n$
XXXIV	9.72745	0.12811$_n$	9.94454	9.23233$_n$	0.03596$_n$	0.27792$_n$	0.21748
XXXV	9.79799	0.13736$_n$	9.96106	9.47943	0.26792$_n$	0.21985$_n$	0.76193
XXXVI	9.82226	0.11817$_n$	9.73121	9.94112	0.35756$_n$	9.75738$_n$	1.04999
XXXVII	9.82797	0.10368$_n$	9.32325	0.04359	0.34945$_n$	9.29655	1.10687
XXXVIII	9.84191	0.08615$_n$	9.52244$_n$	0.09854	0.25406$_n$	0.11633	1.14395
XXXIX	9.86021	0.08067$_n$	9.80127$_n$	0.07314	0.11539$_n$	0.25696	1.03543
XL	9.87829	0.07735$_n$	9.89248$_n$	0.01502	9.94233$_n$	0.29466	0.99564
XLI	9.89182	0.07147$_n$	9.91799$_n$	9.94187	9.73862$_n$	0.28800	0.91698
XLII	9.89892	0.06367$_n$	9.91547$_n$	9.87620	9.53756$_n$	0.26564	0.80889
XLIII	9.90362	0.03901$_n$	9.87637$_n$	9.73026	8.77198$_n$	0.19352	0.84261
XLIV	9.89748	0.00298$_n$	9.81005$_n$	9.56773	9.04692	0.09749	0.51851
XLV	9.88594	9.96553$_n$	9.74200$_n$	9.42031	9.29187	0.00483	0.47567
XLVI	9.87284	9.92963$_n$	9.67857$_n$	9.28709	9.38123	9.91982	0.26717
XLVII	9.83906	9.84430$_n$	9.53524$_n$	8.97387	9.46836	9.72561	0.32634
XLVIII	9.82456	9.80755$_n$	9.47712$_n$	8.83105	9.49280	9.64384	9.54407

Aus den Bedingungsgleichungen werden die Unbekannten in Bogensekunden gefunden, dT, da, dq sind daher am Schluss noch mit $sin\ 1''$ zu multipliziren. Das ungleiche Gewicht der Bedingungsgleichungen wurde dadurch in Rechnung gebracht, dass ich jede Gleichung mit der Quadratwurzel des zugehörigen Gewichtes multiplizirte. Um die Koeffizienten dann möglichst homogen zu machen, führte ich neue Unbekannte unter folgenden Relationen ein (Koeffizienten logarithmisch):

$$x = 0.11498\, d\lambda$$
$$y = 0.33392\, d\nu$$
$$z = 0.54757\, d\varkappa$$
$$u = 0.37766 \frac{k}{\sqrt{p}} dT$$
$$v = 0.63646\, \varepsilon \frac{da}{a}$$
$$w = 0.90011\, dq$$
$$\text{Fehlereinheit} = 1.39388$$

Digitized by Google

Die Bedingungsgleichungen haben nun folgende Gestalt:

I. Rektascensionen.

I	9.10084 x	+ 9.30788 y	+ 9.21884n z	+ 9.88974 u	+ 9.48283 v	+ 9.38609n w	= 9.30814n
II	8.85887	9.22152	9.09118n	9.88050	9.38999	9.27686n	8.92794n
III	8.71746	9.17298	9.05122n	9 86901	9.33005	9.23280n	9.03788n
IV	8.47385	9.10130	9.00674n	9.84838	9.24019	9.17599n	8.96517n
V	7.76543n	8.85304	8.87434n	9.74326	8.94199	8.99451n	8.98013n
VI	7.53284	8.63784n	8.65665n	9.72489	9.10901n	8.82196	8.53931
VII	8.33792	8.77444n	8.87241n	9.88591	9.44554n	9.12711	9.34691
VIII	8.33044	8.61085n	9.07790n	9.93110	9.53789n	9.30153	9.66330
IX	8.20907	8.44543n	9.23434n	9.99090	9.59856n	9.42880	9.73941
X	7.76555n	7.94728	9.24096n	9.83532	9.40667n	9.38445	9.66184
XI	8.88356n	9.00399	9.62400n	9.97106	9.30289n	9.69531	9.78617
XII	9.24505n	9.32202	9.80648n	9.92848	8.99121	9.82224	9.46024
XIII	9.49404n	9.55081	0.00000n	0.00000	9.61650	9.99000	9.35130
XIV	9.46931n	9.49462	9.91033n	9.69139	9.79885	9.86137	8.83519n
XV	9.56377n	9.56529	9.96839n	9.55162	9.97219	9.89148	9.45661n
XVI	9.52453n	9.50465	9.90336n	9.27060	9.98058	9.80269	9.59810n
XVII	9.46423n	9.42493	9.82415n	8.93990	9.95241	9.70315	9.60678n
XVIII	9.37090n	9.31671	9.71870n	8.56672	9.87890	9.58293	9.64810n
XIX	9.22108n	9.13753	9.54976n	7.54220n	9.75968	9.38699	9.49601n
XX	9.36434n	9.25089	9.67849n	8.39335n	9.92601	9.49093	9.61910n
XXI	9.28986n	9.15051	9.59422n	8.41011n	9.86668	9.38719	9.50063n
XXII	9.33071n	9.16856	9.62790n	8.44204n	9.91773	9.40506	9.60034n
XXIII	9.16905n	8.95536	9.45235n	8.05397n	9.76896	9.19751	9.60009n
XXIV	9.12798n	8.89203	9.40534n	7.78006n	9.72878	9.13792	9.39405n

II. Deklinationen.

XXV	9.59129 x	+ 9.79833 y	+ 9.37276 z	+ 9.33447n u	+ 9.01298 v	+ 9.40293 w	= 8.51490n
XXVI	9.42218	9.78484	9.22446	9.47621n	8.46084	9.29987	8.78524
XXVII	9.30600	9.76252	9.15177	9.47203n	8.05864	9.24344	8.70914
XXVIII	9.09434	9.72179	9.05389	9.45511n	7.40792n	9.16358	8.99957
XXIX	8.36201n	9.44962	8.68051	9.25488n	8.00522n	8.81810	8.89768
XXX	8.56296	9.66796n	8.82744	9.26978n	7.09657	8.95326n	9.35961n
XXXI	9.42444	9.84095n	9.20762	9.36962n	8.75623n	9.28013n	9.27440n
XXXII	9.59691	9.87733n	9.36907	9.32163n	9.15443n	9.40279n	9.13937n
XXXIII	9.71359	9.94995n	9.49223	9.31390n	9.36526n	9.50671n	8.98104n
XXXIV	9.61463	9.79635n	9.39913	8.85683n	9.40166n	9.37997n	8.82576
XXXV	9.71711	9.83754n	9.44759	9.13587	9.66556n	9.35384n	9.40215
XXXVI	9.88433	9.96130n	9.36069	9.74051	9.89815n	9.03432n	9.83316
XXXVII	0.00000	0.05677n	9.06269	9.95294	0.00000n	8.68345	0.00000
XXXVIII	9.88700	9.91230n	9.13494n	9.88095	9.77767n	9.37629	9.91014
XXXIX	9.99848	0.00000n	9.50695n	9.94873	9.73218n	9.61010	9.89480
XL	9.91273	9.89285n	9.49433n	9.78678	9.45529n	9.54397	9.75118
XLI	9.98432	9.94503n	9.57790n	9.77169	9.30964n	9.59537	9.73058
XLII	9.90669	9.85250n	9.49065n	9.62129	9.02385n	9.48828	9.53776
XLIII	9.82458	9.74103n	9.36474n	9.38854	8.17146n	9.32935	9.48467
XLIV	9.96052	9.84708n	9.44050n	9.36809	8.58848	9.37540	9.30265
XLV	9.89371	9.75436n	9.31718n	9.16540	8.77816	9.22747	9.20454
XLVI	9.99497	9.83282n	9.36811n	9.14654	8.98188	9.25682	9.11040
XLVII	9.83608	9.62238n	9.09967n	8.70821	8.94390	8.93750	9.04446
XLVIII	9.77873	9.54278n	8.99870n	8.52254	8.92549	8.81288	8.21934

Die Koeffizienten der Gleichungen sind logarithmisch angesetzt. Hieraus ergeben sich nach der Methode der kleinsten Quadrate die Normalgleichungen (Koeffizienten numerisch). Die Rechnung wurde in üblicher Weise durch Einführung von Summengliedern kontrolirt.

Normalgleichungen.

12.63810 u	— 3.60550 y	+ 3.78484 x	— 1.77817 v	—4.96819 z	+4.12329 w	—5.48912	= 0
	+12.81720	— 9.86486	+ 6.23094	—1.00740	+0.96909	+5.23705	= 0
		+11.17885	— 5.44527	+0.76644	+0.19374	—5.60876	= 0
			+10.16531	—5.22134	+3.22314	+6.30347	= 0
				+6.67797	—5.43608	—0.28564	= 0
					+5.51758	—1.09032	= 0

Summe der Fehlerquadrate = 6.53653 = 4009″.66.

Digitized by Google

Aus diesen Normalgleichungen ergaben sich durch siebenstellige Rechnung die folgenden

Eliminationsgleichungen.

$$
\begin{array}{rrrrrrrr}
12.63810\,u & -3.60550\,y & +3.78484\,x & -1.77817\,v & -4.96819\,z & +4.12329\,w & -5.48912 & = 0 \\
 & +11.78859 & -8.78509 & +5.72365 & -2.42477 & +2.14542 & +3.67107 & = 0 \\
 & & +3.49855 & -0.64737 & +0.44732 & +0.55771 & -1.22914 & = 0 \\
 & & & +7.01636 & -4.66030 & +2.86483 & +3.52133 & = 0 \\
 & & & & +1.07359 & -1.54235 & +0.80675 & = 0 \\
 & & & & & +0.30745 & -0\,04910 & = 0
\end{array}
$$

Summe der Fehlerquadrate $= 0.19471 = 119''.46$.

Zur Kontrole wurden die Normalgleichungen in umgekehrter Reihenfolge nochmals mittelst Determinanten aufgelöst, woraus sich die Unbekannten und ihre Gewichte in genügender Uebereinstimmung mit den aus den Eliminationsgleichungen folgenden Werthen ergaben. Ich finde so:

$$
\begin{array}{llll}
\log x = 9.34933 & \log d\lambda = 0.62823 & d\omega = -9''.5347 & d\omega' = -9''.0473 \\
\log y = 9.21087 & \log d\nu = 0.27083 & d\Omega = -7''.0524 & d\Omega' = -5.5822 \\
\log z = 9_n.71838 & \log dx = 0_n.56469 & di = +2''.4867 & di' = +4.3910 \\
\log u = 8.43860 & \log \frac{k}{\sqrt{p}} dT = 9.45482 & dT = +0.000064902 & \\
\log v = 9_n.96112 & \log \varepsilon \frac{da}{a} = 0_n.71854 & de = -0.000050723 & \\
\log w = 9.20331 & \log dq = 9.69708 & dq = +0.000002413 &
\end{array}
$$

Der wahrscheinliche Fehler eines Normalortes mit der Gewichtseinheit ergiebt sich zu $\pm 1''.139$. Durch Einsetzen der Unbekannten in die Bedingungsgleichungen ergiebt sich die Fehlerquadratsumme zu $119''.68$. In Anbetracht dessen, dass eine grössere Anzahl Restfehler grösser als $2''$ ist, kann man eine bessere Uebereinstimmung mit dem obigen Werthe $119''.46$ kaum erwarten. Eine durchgreifende Prüfung der gesamten Rechnung scheint mir aus der Uebereinstimmung dieser Werthe nicht immer gefolgert werden zu können, da ich in einer früheren Rechnung trotz zweier grober Fehler in den mit den Quadratwurzeln der Gewichte multiplizirten Bedingungsgleichungen die Fehlerquadratsummen nur um $0''.4$ von einander abweichend gefunden habe.

Durch Addition der Werthe der Unbekannten zu den Ausgangselementen (§ 2) erhalte ich die folgenden **hyperbolischen Elemente,** denen ich die zugehörigen wahrscheinlichen Fehler beifüge:

$T = 1899$ April 13.0150649

$$
\left.
\begin{array}{ll}
\omega = 8^\circ\,41'\,46''.19 \pm 1''.19 & \omega' = 47^\circ\,25'\,43''.93 \pm 2''.63 \\
\Omega = 24^\circ\,59'\,11''.29 \pm 1''.06 & \Omega' = 60^\circ\,50'\,14''.32 \pm 2''.60 \\
i = 146^\circ\,15'\,30''.16 \pm 0''.58 & i' = 164^\circ\,24'\,50''.91 \pm 0''.58
\end{array}
\right\} \text{mittl. Aequinoktium } 1899.0
$$

$$
\begin{array}{ll}
q = 0.32657108 \pm 0.00000125 & \log q = 9.5139777 \pm 0.00000157 \\
e = 1.00034381 \pm 0.00000277 & \log e = 0.00014928 \pm 0.00000120
\end{array}
$$

Heliozentrische Aequatorialkoordinaten:

$$
\begin{array}{l}
x = [9.9877048]\, r \sin(v + 77^\circ\,30'\,49''.85) \\
y = [9.9962454]\, r \sin(v + 165^\circ\,41'\,14''.05) \\
z = [9.4292388]\, r \sin(v + 47^\circ\,25'\,43''.93)
\end{array}
$$

Darstellung der Normalörter durch die Schlusselemente:

M. Z. Berlin	$d\alpha \cos\delta$	$d\delta$	M. Z. Berlin	$d\alpha \cos\delta$	$d\delta$
März 6.5	−0''.97	−0''.72	Juni 1.0	−1''.31	+0''.96
13.0	+0.69	−0.11	4.5	−0.60	+1.63
15.5	−0.02	−0.36	7.5	−0.41	−0.37
18.5	−0.16	+0.42	10.5	−0.40	+0.20
25.0	−1.41	+1.05	13.5	+0.10	+0.02
Mai 5.0	−3.30	−1.88	16.0	−1.55	−0.72
12.5	−2.14	−1.11	21.5	+0.09	+2.21
17.0	+0.57	−1.20	28.0	+1.49	−0.69
19.0	+0.50	−0.96	Juli 4.5	+2.74	−0.13
22.0	+2.17	+0.43	11.0	+2.17	−0.69
26.25	+2.19	+0.07	29.0	+0.93	+0.48
30.0	−1.63	+0.88	August 7.5	+2.50	−1.00

Digitized by Google

Diese Fehler schliessen sich dem Gaussischen Fehlergesetze gut an, denn es finden sich Fehler:

zwischen	nach der Theorie	nach der Erfahrung.
0".0 bis 0".5	12.2	10
0.5 « 1.0	10.2	14
1.0 « 1.5	8.4	6
1.5 « 2.0	6.5	8
2.0 « 2.5	4.4	3
2.5 « 3.0	3.0	5
3.0 « 3.5	1.8	2
über 3.5	1.5	0
	Summe: 48.0	Summe: 48

Da die Rektascensionen bedeutend schlechter dargestellt werden, als die Deklinationen, habe ich versucht, eine bessere Darstellung dadurch zu erzielen, dass ich den aus den Rektascensionen folgenden Normalörtern ein 1.5 faches Gewicht gegen die frühere Annahme zuertheilte. Bei Ableitung der Gewichte hatte ich für beide Koordinaten den mittleren Fehler zu 2" angenommen. Diese Annahme mag auch für die Deklinationen genügen, man wird jedoch kaum erwarten dürfen, dass die Rektascensionen gleich gut beobachtet werden können. Die sich nun ergebenden Elemente stellten jedoch die Normalörter nicht besser dar als früher. Ich habe dann noch mehrere Normalörter von der Ausgleichung ausgeschlossen, ein wesentlich besseres Resultat aber nicht gefunden. Der namentlich in den Rektascensionen auftretende Gang wird auf diese Weise nicht beseitigt. Die auf Seite 43 gegebenen Elemente möchte ich deshalb als die definitiven Elemente des Kometen bezeichnen.

Digitized by Google

AUS DEM
ARCHIV DER DEUTSCHEN SEEWARTE.
XXV. Jahrgang 1902.
Herausgegeben von der Direktion der Seewarte

No. 4.

Ergebnisse von Sextantenprüfungen

an der Deutschen Seewarte.

Bearbeitet von

Dr. **J. B. Messerschmitt.**

HAMBURG 1902.

Gedruckt bei Hammerich & Lesser in Altona.

Digitized by Google

Inhalt.

	Seite
Einleitung	1
Sextantenkörper	3
Griffe	5
Limbus und Kreistheilung	5
Alhidade	6
Klemmen	8
Lupe	9
Axe	10
Grosser Spiegel	10
Kleiner Spiegel	14
Fernrohr	19
Fernrohrträger	21
Blendgläser	24
Sextanten von Holz	26
Transportkasten	27
Exzentrizität	27
Prüfungsapparat	31
Einfluss der Exzentrizität auf die Noniusablesung	32
Behandlung und Vorsichtsmaassregeln beim Gebrauch des Sextanten	33
Besondere Bemerkungen über die geprüften Instrumente	34
Zusammenstellung der untersuchten Instrumente	35—43
Wichtigste Literatur	44
Anhang: Tafel von $\sin(a-p)+\sin p$	I—IV

Digitized by Google

No. 4.

Ergebnisse von Sextantenprüfungen an der Deutschen Seewarte.

Bearbeitet von

Dr. **J. B. Messerschmitt,** Assistenten bei der Seewarte.

Einleitung.

Die Untersuchung der nautischen Instrumente und im besonderen der Sextanten ist eine der Hauptaufgaben der Abtheilung II der D. Seewarte. Es soll dadurch einestheils dem Nautiker beim Ankauf ein Anhaltspunkt über die Güte der Instrumente geliefert und nach längerem Gebrauch desselben ihm über allfällige Aenderungen Auskunft gegeben und andererseits dem Fabrikanten über die Ansprüche, welche an solche Instrumente gestellt werden können und sollen, Aufklärung verschafft werden. Durch solche Maassnahmen hinwiederum ist die deutsche Industrie in der Erzeugung der Reflexions-Instrumente, deren Sitz sich hauptsächlich in Berlin und Hamburg befindet, unabhängig von dem Auslande geworden, und es haben deren Erzeugnisse sowohl in optischer als auch in mechanischer Beziehung einen hohen Grad von Vollkommenheit erreicht, die sie auch bei sorgfältiger und sachgemässer Behandlung in der Praxis auf die Dauer bewahren.

Bei dem Ankauf von Instrumenten, sei es neuen oder gebrauchten, kann nur gerathen werden, solche zu kaufen, die vorher auf der Seewarte oder in einem anderen Institut geprüft sind und ein gutes Attest aufweisen. Es ist dabei namentlich auf die gute Konstruktion und sorgfältige Ausführung zu sehen. Bei manchen Instrumenten, deren mechanische Ausführung befriedigend oder doch noch genügend ist, finden sich schlechte Spiegel und Schattengläser, Mängel, welche leicht beseitigt werden können. Instrumente aber, welche wesentliche mechanische Mängel aufweisen, besonders deren Axenführung unsicher ist oder andere grobe, schwer zu beseitigende Fehler haben, sollten ganz aus der Praxis verschwinden. Kleinere Exzentrizitätsfehler dagegen, wenn sie sicher bestimmt sind und bei den Beobachtungen berücksichtigt werden, sind unschädlich. Freilich wird man beim Ankauf eines neuen Sextanten kein Instrument mit zu grosser Exzentrizität nehmen, und es wäre wohl wünschenswerth, dass Sextanten mit Exzentrizitätsfehlern, welche mehrere Minuten betragen, nicht auf See benutzt würden.

Gute Instrumente ändern, wie die Untersuchungen gezeigt haben, auch nach jahrelangem Gebrauch ihre Konstanten nicht oder nur wenig; dagegen können z. B. durch Stösse, oft auch leichterer Natur, starke Veränderungen hervorgebracht werden. Meist wird dadurch, abgesehen von der Verstellung der Spiegel, insbesondere des kleinen Spiegels, die Axenführung stark beeinflusst, und damit eine Exzentrizität erzeugt, bezw. die vorhandene vermehrt und überdies die Sicherheit der Einstellung vermindert, so dass die Beobachtungen ungenau werden. Bei stärkeren Verletzungen wird auch der Kreis gekrümmt, wodurch Unregelmässigkeiten auf verschiedenen Kreisständen hervorgebracht werden und das Instrument unter Umständen fast unbrauchbar wird. Es ist daher unbedingt nothwendig, nach stattgehabten Unfällen den Sextanten nicht nur dem Mechaniker zur Reparatur, sondern auch einer Prüfungsstelle zur Untersuchung und Feststellung allfälliger Fehler zu geben.

Ueber die Art und Weise der Prüfung der Spiegelinstrumente an der Seewarte ist bereits mehrfach Mittheilung gemacht worden; eine grössere Abhandlung über diesen Gegenstand, welche zugleich einen ersten Versuch darstellt, die aus den Prüfungen erhaltenen Erfahrungen weiter zu verwerthen, ist von H. Eylert „Der Sextant“ in der Publikation „Aus dem Archiv der D. Seewarte“ 1881 erschienen. Während

Digitized by Google

zu jener Zeit etwa 700 Reflexions-Instrumente untersucht worden waren, ist seither die Zahl um mehr als das 6fache gestiegen, wie die nachstehende Tabelle zeigt:

Jahr	Anzahl der geprüften Instrumente
1875	13
1876	62
1877	92
1878	100
1879	126
1880	111
1881	93
1882	113
1883	115
1884	146
1885	177
1886	172
1887	265
1888	75
1889	133
Uebertrag 15 Jahre	1793

Jahr	Anzahl der geprüften Instrumente
Uebertrag 15 Jahre	1793
1890	180
1891	170
1892	198
1893	169
1894	160
1895	174
1896	132
1897	151
1898	162
1899	285
1900	358
1901	533
27 Jahre	Summe 4465

Es sind sonach während der 27 Jahre im Mittel jährlich 165 Instrumente geprüft worden.*) Auch ist, wie die Zusammenstellung zeigt, von Anfang an reichlich von dieser Einrichtung Gebrauch gemacht worden, und zwar sowohl von den Schiffahrtskreisen (für gebrauchte Instrumente), als auch von Seiten der Fabrikanten (für neue Instrumente). Hier sind natürlich in erster Linie die Hamburger Mechaniker zu nennen, von denen jetzt die meisten fast alle ihre neuen Instrumente vor dem Verkauf und die reparirten vor der Abgabe an den Eigenthümer der Seewarte zur Prüfung und Attestirung einreichen. Durch diese Gepflogenheit ist die starke Vermehrung der Anzahl der untersuchten Instrumente in den letzten Jahren zu erklären. Aber auch auswärtige Fabrikanten senden häufig ihre Instrumente der Seewarte ein. Vielfach verbessern die Mechaniker die Instrumente nach der ersten Prüfung, wenn eine Exzentrizität u. dgl. vorhanden ist, um möglichst fehlerfreie Sextanten zu liefern. Da überdies neue Instrumente, welche mit gröberen mechanischen Mängeln behaftet sind, keine Prüfungsbescheinigung erhalten, so ist es nicht zu verwundern, dass jetzt die Sextanten im Durchschnitt besser sind, als in früheren Zeiten.

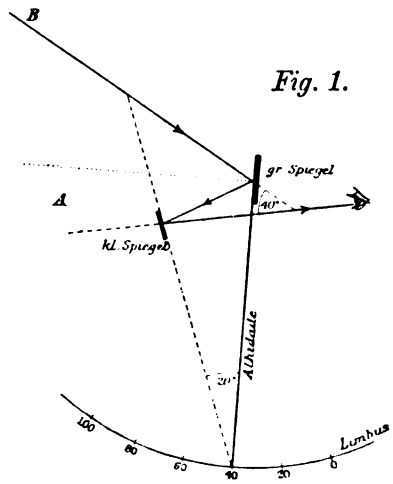


Fig. 1.

Das Prinzip des Sextanten, bezw. der Reflexions-Instrumente beruht bekanntlich im Folgenden. In der Mitte eines getheilten Kreisbogens (des Limbus) befindet sich ein drehbarer, zur Kreisebene senkrechter Spiegel, dessen Stellung mittelst eines Zeigers (der Alhidade) an dem Kreise abgelesen werden kann. Durch einen zweiten, mit dem Kreise fest verbundenen und auf ihm senkrecht stehenden Spiegel wird das Bild eines vom grossen Spiegel reflektirten Objektes (z. B. der Sonne) nach dem Auge des Beobachters geworfen, welches sich an einem bestimmten, durch ein Diopter oder ein Fernrohr gegebenen Punkt befindet, von welchem aus man noch ein zweites Objekt (z. B. die Kimm) in der Richtung gegen den kleinen Spiegel sieht, weshalb dieser zur Hälfte unbelegt ist. Sind die beiden Spiegel einander parallel, so soll die Ablesung der Alhidade Null zeigen, dann giebt für irgend ein anderes mit dem grossen Spiegel eingestelltes Objekt die Ablesung am Kreise den Winkel zwischen diesem und dem direkt anvisirten Objekt. Bei dieser Spiegelung gelten die bekannten Gesetze der Katoptrik, wonach der Winkel, den ein von zwei Spiegeln reflektirter Lichtstrahl mit dem Einfallstrahl bildet, doppelt so gross ist, als der Winkel, in dessen Schenkeln die beiden

*) In den letzten Jahren sind auf den Hauptagenturen der Seewarte in Bremerhaven und Neufahrwasser Sextantenprüfungsapparate aufgestellt worden. Die daselbst untersuchten Instrumente sind in der obigen Zusammenstellung nicht berücksichtigt.

Digitized by Google

Spiegel liegen. Hat demnach der feste Spiegel des Sextanten eine solche Stellung gegen das Auge, dass dieses über dem Spiegel weg ein zweites Objekt wahrnimmt, welches mit dem optischen zweimal reflektirten Bilde des ersten Objektes koinzidirt, so ist der Winkel, den die beiden Objekte mit dem Augpunkte einschliessen, doppelt so gross, als der Winkel der beiden Spiegel, der auf dem Limbus mit der Alhidade abgelesen werden kann. Um nun diese Umrechnung beim Beobachten zu vermeiden, ist die Limbustheilung der Sextanten gleich der doppelten des entsprechenden Zentriwinkels.

Die Theorie der Reflektions-Instrumente ist seit langer Zeit genau studirt und daher bekannt, weshalb sie in der vorliegenden Abhandlung nur so weit entwickelt werden soll, als es für das Verständniss der sich daran anknüpfenden Betrachtungen nothwendig erscheint. Für sie kann ausserdem auf die erwähnte Arbeit von Eylert und die bekannten Werke und Lehrbücher verwiesen werden. (Vgl. die Literatur am Schluss). Dagegen soll die mechanische Konstruktion derselben, gestützt auf die in den letzten 25 Jahren an der Seewarte erhaltenen Prüfungsergebnisse, einer näheren Betrachtung unterzogen werden.

Der Natur der Sache nach sind fast ausschliesslich Spiegelsextanten und Oktanten gewöhnlicher Konstruktion zur Prüfung eingereicht worden; andere Reflexions-Instrumente, wie Prismensextanten, Prismenkreise, Sextanten mit mehreren Spiegeln, Libellenquadranten und anderen Modifikationen kamen nur ausnahmsweise vor und soll auch auf sie hier nicht weiter eingegangen werden, um so mehr, als sie in der Nautik fast nie oder nur für spezielle Zwecke in Betracht kommen.

Sextantenkörper.

Der Sextant wird bei den Beobachtungen gewöhnlich in freier Hand gehalten, weshalb er leicht, aber doch so kräftig und steif gebaut sein muss, dass in den verschiedenen Lagen keine Veränderungen und Durchbiegungen in seiner Form und seinen Theilen eintreten können. Diese Bedingung der Unveränderlichkeit lässt sich am besten durch Verwendung von Metall erzielen und es werden gegenwärtig auch fast ausschliesslich metallene Instrumente hergestellt.

Der Körper des Sextanten selbst besteht aus einem Bogenstück, das durch radienförmige Speichen mit einer in seiner Mitte befindlichen Scheibe verbunden ist. Durch geeignete Verstrebungen in dem sektorförmigen Zwischenraum wird die Stabilität des Ganzen gesichert und erhöht, und zugleich ein passender Ort für die Befestigung des Handgriffs gewonnen. Der Sextantenkörper ist gewöhnlich aus einem Gussstück von messingähnlichem Metall (Gelbguss und sog. Rothguss) hergestellt, auf welchem die übrigen Theile des Sextanten angebracht sind. Das Metall soll selbst nicht zu weich sein, damit es sich nicht zu leicht verbiegt, was bei reinem Messing (Gelbguss) mehr als bei Rothguss der Fall ist; wegen der Schwierigkeit bei der Bearbeitung darf es aber auch wieder nicht zu spröde sein. Ausnahmsweise kommen auch Sextanten aus Neusilber vor. Die Hoffnungen, welche man auf die Verwendung des Aluminiums zu Sextantenkörpern gesetzt hat, haben sich nicht erfüllt. Wenn auch bei der Verwendung dieses Metalls das Gewicht auf etwa $^1/_5$ eines gewöhnlichen Sextanten vermindert wird und dadurch eine grosse Bequemlichkeit beim Beobachten entsteht, so ist, abgesehen von dem höheren Preis, das Material gegen die atmosphärischen Einflüsse namentlich in salzhaltiger Seeluft nicht widerstandsfähig genug, wodurch die Instrumente stark leiden und rasch verderben. Auch sonst dürfte das Aluminium weniger dauerhaft und namentlich gegen Stösse u. dgl. viel empfindlicher als Messingkompositionen sein. Es ist dieser Umstand allerdings sehr zu bedauern, da sich solche leichte Sextanten besonders bei Vermessungen gut eignen, indem bei deren Gebrauch weniger leicht eine Ermüdung eintritt, als bei schweren Instrumenten. Seltener sind Konstruktionen, bei denen der Sextantenkörper aus verschiedenen Metallstücken, gitterartig verbunden, zusammengesetzt ist.

Die Versteifung des Sextantenkörpers wird in verschiedener Weise ausgeführt. Die einen Fabrikanten lassen z. B. ein bis zwei Kreisausschnitte parallel zum Limbus gehen, welche wieder durch radiale Verbindungsstücke mit dem Kreise oder auch mit der Axenbüchse verbunden werden. Hierbei wird der Handgriff an zwei Punkten dieses Gerippes befestigt, einmal in der Nähe der Axe und das andere Mal an einer der Kreuzungsstellen der Versteifungsstäbe näher dem Limbus. Durch einen T förmigen Querschnitt der Rippen wird eine Erhöhung der Stabilität bewirkt.

Manchmal werden vom zentralen Theile aus je zwei bandartige Radien nach den Kreisenden geführt und dabei noch ein Kreisbogen in der Nähe des Limbus eingefügt. Die Zwischenräume dieser Doppelradien enthalten ein bis drei kurze Kreisbogen. Durch diese Anordnung entsteht ein leiterartiges Aussehen, woher

Digitized by Google

die Bezeichnung „Sprossensextant“ rührt. Ein oder zwei radiale Sprossen verbinden noch den erwähnten Verstärkungskreis mit dem eigentlichen Limbus. Bei diesen Sextanten wird der Griff an zwei oder auch drei Punkten des Gerippes befestigt; im letzteren Falle sind zwei Befestigungspunkte des Griffes an dem Halbkreise in der Nähe der Kreuzungsstellen mit den inneren Radien; der andere befindet sich wieder in der Nähe der Zentralplatte. Die Rippen der Sprossensextanten haben einen rechtwinklig parallelopipedischen Querschnitt, mit der längeren Seite senkrecht zur Kreisebene. Dabei ist das Verhältniss der schmalen Seite zur langen etwa wie 1 : 3 oder 1 : 4. Der Limbuskreis selbst ist ⌐förmig und etwas stärker als die Rippen gehalten. Die Sprossensextanten sehen sehr leicht und gefällig aus und dürfte bei ihnen auch meist keine Verbiegung des Sextantenkörpers bei verschiedener Haltung des Instruments zu befürchten sein.

Eine andere Art der Versteifung besteht darin, statt konzentrischer Kreisbogen, Sehnen zu verwenden. Zwei zu dem nach der Mitte des Kreisbogens gezogen gedachten Radius senkrechte Sehnen verbinden die äusseren radialen Stäbe des Körpers und sind weiterhin durch zwei dazu senkrechte Querstäbe noch miteinander verbunden, während die innere kleinere Sehne in der Mitte mit der Zentrumplatte, und die äussere, grössere durch einen ähnlich liegenden Stab mit dem Limbus verbunden ist. Der Griff ist hier an drei Punkten der Gestalt gehalten, nämlich an zwei Punkten der grösseren Sehne und an einem der Zentralplatte. Diese drei Lagerpunkte des Griffes bilden mehr ein gleichseitiges Dreieck. Die Rippen selbst sind breit und stark gehalten und T förmig verstärkt. Eine Verbiegung erscheint bei der soliden Bauart dieses Modells ganz ausgeschlossen.

Eine andere Art der geradlinigen Versteifung besteht darin, dass von den beiden Schnittpunkten der äusseren Radien mit dem Limbuskreise Senkrechte (oder nahezu senkrechte Linien) nach dem gegenüberliegenden äusseren Radius gefällt werden und ausserdem zu diesen beiden Senkrechten näher dem Limbus noch je eine Parallele in entsprechendem Abstand gezogen wird. Die Rippen dieser Sextanten bestehen aus bandartigen Metallstreifen, deren hohe Kanten senkrecht zur Kreisebene stehen. Die Befestigung des Griffes ist bei diesen Modellen entweder an zwei Kreuzungspunkten der Querversteifung angebracht, die in der Richtung des mittleren Radius liegen oder es ist nur der eine Befestigungspunkt in der Nähe des Kreises an der Versteifung, während sich der andere an der Zentralplatte befindet. Die Festigkeit dieser Instrumente erscheint nicht so gut, wie bei dem vorher beschriebenen Modell, giebt aber bei nicht zu schwacher Ausführung wohl sonst zu keinem Bedenken Anlass.

Man kann auch den mittleren Radius, das ist derjenige Radius, welcher nach der Mitte des Kreisbogens geht, nehmen und ihn in der Mitte der Kreisfläche durch eine Sehne mit den beiden äusseren Radien verbinden. Zwei weitere Verbindungsstücke, welche von dem mittleren Theile des Kreises nach der Mitte der äusseren Radien gehen, dienen zur weiteren Verstärkung. Der Griff ist hierbei an zwei Punkten befestigt, von denen sich der eine an dem Zentralkörper und der andere im Schnittpunkte des in der Mitte liegenden Radius und der Sehnen befindet.

Es können auch nahe von der Mitte des Kreisausschnittes (dem Schwerpunkt) aus radial unter etwa 60° sechs stabförmige Strahlen nach den äusseren Radien, dem Kreise und der Zentrumplatte gehen. Dieser Ausstrahlungspunkt ist zugleich der (einzige) Stützpunkt des Griffes; die Metallstreifen besitzen überdies einen T förmigen Querschnitt. Bei der günstigen symmetrischen Vertheilung zum Griff, dessen Stellung auch jede Spannung im Metalle ausschliesst, muss diese Konstruktion mit zu den besten der vorhandenen Formen gerechnet werden.

Ausser den geradlinigen Verstärkungen werden auch verschiedene Kurvenformen verwendet, so z. B. drei in den Kreissektor eingeschriebene Kreise oder ovalförmige Figuren u. s. w. Die Rippen der Gussstücke sind dabei gewöhnlich T förmig. Bänderartig sind sie wieder bei den Abarten der Sprossensextanten, bei welchen in der Mitte ein Oval ist, wobei die Sprossen zuweilen statt geradlinig, kurvenförmig verlaufen u. dgl. mehr. Bei allen diesen Formen ist der Griff an zwei Punkten befestigt, sei es beide an Durchschnittspunkten der betreffenden Kurven oder der eine davon an der Zentrumplatte.

Am meisten Stabilität haben alle die Konstruktionen, bei denen die Metalllamellen einen T förmigen Querschnitt haben; aber auch die anderen Konstruktionen mit parallelopipedischen Speichen, wobei die breite Kante senkrecht zur Kreisebene steht, sind nach den Erfahrungen der Seewarte derartig solid ausgeführt und versteift, dass eine Durchbiegung kaum zu befürchten ist und in den seltensten Fällen dadurch ein merklicher Fehler bei den Messungen entstehen kann. Uebrigens erzeugt eine geringe Durchbiegung des

Digitized by Google

Kreises, sei es dauernder oder nur vorübergehender Natur, selbst direkt keine grossen Fehler, da sich die Länge der Kreistheilung nur mit dem Kosinus der Neigung ändert; dagegen wird aber die Wirkung indirekt durch die Alhidade auf die Axenführung im allgemeinen um so grösser sein, wodurch dann wiederum die Genauigkeit der Ablesungen beeinträchtigt wird.

Die Griffe sind stets aus Holz verfertigt, theils zylinderförmig, theils parallelopipedisch mit abgerundeten Ecken, bei denen die längere Seite parallel zur Sextantenebene liegt. Bei älteren Instrumenten oder bei Prismenkreisen u. dgl. steht die Axe des zylinderförmigen Griffes auch senkrecht zur Sextantenebene. Der Holzgriff ist durch metallene Verbindungsstücke fest mit dem Sextantenkörper verbunden; dabei sitzt das Holz bei manchen Instrumenten nicht ganz fest.

Der Sextant hat ausserdem drei Füsse, von welchen zwei unter dem Limbusbogen, der dritte aber an der Axenhülse oder am Griffhalter sich befindet, auf welchen das Instrument steht, wenn es nicht gebraucht oder in den Kasten gesetzt wird.

Limbus und Kreistheilung.

Was den Limbus anbelangt, so ist er, wie die beiden äusseren Radien, bei allen Instrumenten meist etwas stärker als die Querrippen ausgeführt. Auf ihm befindet sich die eigentliche Kreistheilung. Sie wird gewöhnlich auf einem eingelassenen Silberstreifen angebracht; seltener findet man andere Metalle, wie Nickel, Gold, Palladium oder Platin. Letztere Metalle oxidiren zwar nicht und nutzen sich wegen ihrer grossen Härte weniger ab, als Silber, aber sie sind auch, abgesehen von Gold, weniger leicht zu bearbeiten und dabei theuerer, weshalb sie nur ausnahmsweise Verwendung finden. Ueberdies besitzt Platin einen um die Hälfte kleineren Ausdehnungs-Koeffizienten wie Messing (bei Palladium und Gold ist der Unterschied etwas geringer), wodurch bei Temperatur-Aenderungen Spannungen eintreten müssen, die der Genauigkeit der Messungen schädlich sein können. Der Ausdehnungs-Koeffizient des Messings ist dagegen nur wenig von dem des Silbers verschieden. Bei Sextanten von Aluminium ist die Theilung ebenfalls auf Silber ausgeführt. Da Aluminium einen um ein Fünftel grösseren Ausdehnungs-Koeffizienten als Silber hat, so können auch hier noch Spannungen in den Metallen entstehen, die aber bei den sonstigen Mängeln dieser Instrumente nicht so sehr ins Gewicht fallen. Im Aussehen unterscheidet sich bei diesen Metallen die Theilung nur wenig von einander; auch hält sich die Silbertheilung bei vorsichtiger Behandlung lange, so dass sie mit Recht allgemeinen Eingang gefunden hat.

Ausnahmsweise kommen auch Reflexions-Instrumente aus Neusilber und Messing vor, bei denen die Theilung direkt auf das Metall, ohne Einlage angebracht ist. Das Neusilber hat eine sehr spiegelnde Fläche, welche bei der Ablesung etwas störend wirkt, besonders wenn die Striche ohne Schwarzfärbung sind. Bei Messing (Gelbguss) sind die Striche besonders nach einigem Gebrauch nicht so deutlich wie auf Silber, bei dem sich die Theilung besser abhebt, namentlich wenn die Striche selbst, wie es jetzt gewöhnlich der Fall ist, geschwärzt sind. Instrumente dieser Art aus Messingrothguss sind bei der Seewarte nicht eingeliefert worden. Es dürfte sich aber auf dieser Metallkomposition auch kaum eine schöne Theilung herstellen lassen.

Bei Oktanten mit Metallkörpern kommt zuweilen für die Theilung eine Elfenbeineinlage in Anwendung, bei welcher die Striche geschwärzt sind. Die Ablesung derselben ist für das Auge besonders gut, namentlich tritt dies bei nicht ganz günstiger Beleuchtung, also in der Dämmerung und bei Nacht hervor, da sich die geschwärzten Theilstriche viel besser von Elfenbein abheben, als von Silber. Wenn trotzdem von dieser Konstruktion eindringlichst abzurathen ist, so beruht dies darin, dass Elfenbein einen vom Metall so verschiedenen Wärmeausdehnungs-Koeffizienten besitzt, dass die Kreisablesungen dadurch um mehrere Minuten veränderlich sind, und dass ausserdem die innige Verbindung des Limbusstreifens mit dem Instrumente nicht vollkommen möglich ist. Dazu kommt noch der Einfluss der Feuchtigkeit auf das Elfenbein, da dieses Material stark hygroskopisch ist. Ueberdies ist die Theilung nicht so schön, wie auf Metall, indem die Striche meist sehr breit und auch etwas unregelmässig sind.

Die zur Prüfung eingereichten Sextanten dieser Art zeigten auch häufig sehr grosse Exzentrizitäten, wodurch bei einigen Instrumenten an die Messungen Korrektionen bis gegen 20′ anzubringen waren, die also von einer Grösse waren, deren Unkenntniss und Vernachlässigung, abgesehen von deren Veränderlichkeit bei den Beobachtungen, zu groben Fehlern führen müssen. Es sollten daher für rein seemännische Zwecke solche Instrumente nicht weiter verwendet werden. Zu besonderen Zwecken, wie bei Vermessungen hingegen können sie unter Umständen und bei der nöthigen Kontrole recht gute Dienste leisten.

Digitized by Google

Um den ungünstigen Einfluss der Verschiedenheit der Ausdehnung zwischen Elfenbein und Metall und den dadurch entstehenden verschiedenen Druck des Messings auf den Elfenbeinbogen aufzuheben oder wenigstens zu mindern, wird manchesmal das Elfenbein zunächst in eine Holzeinlage gefasst, welche erst dann in den rinnenförmigen Metalllimbus eingebettet ist. Der Querschnitt dieser Holzeinlage beträgt etwa 12 mm in Länge und Breite, ist also viel grösser als der schmale und dünne Elfenbeinstreifen, der etwa 5 mm breit und 1 mm dick ist. Die wenigen Instrumente dieser Art, welche bis jetzt an der Seewarte geprüft worden sind, hatten eine geringe Exzentritzität und maassen auch sonst gut. Da aber keines derselben mehrfach und zu verschiedenen Zeiten und unter verschiedenen Umständen untersucht werden konnte, lässt sich ein abschliessendes Urtheil darüber nicht abgeben.

Die Theilung des Sextanten soll sorgfältig ausgeführt sein, so dass die einzelnen Striche gleichmässig fein und deutlich sind und in genau gleichen Abständen stehen. Sie ist ferner der Theorie der Reflexions-Instrumente gemäss so eingerichtet, dass die Bezifferung sogleich den doppelten Betrag des von dem betreffenden Bogen überspannten Zentriwinkels angiebt. Es sind daher Grade des Zentriwinkels verdoppelt angeschrieben, also statt 0°, 5°, 10°.... bezw. 0°, 10°, 20°,.... angegeben. Die Theilung ist ausserdem über Null hinaus noch um 5° bis 10° verlängert, welche Striche als Uebertheilung (Exzess) bezeichnet werden und bei der Bestimmung der Indexkorrektion gebraucht werden. Sie sind auch nützlich beim Messen von kleinen Winkeln zwischen nahe beim Beobachter liegenden terrestrischen Objekten, bei denen die Instrumental-Parallaxe bereits auf die Beobachtungen von Einfluss ist.

Die Bezifferung steht bei manchen Sextanten direkt auf dem Silberstreifen, wodurch die Ablesung sehr erleichtert wird, bei anderen auf dem Messingkörper. Ist dieser mit der Silbereinlage nicht in der gleichen Ebene, so wird die Ablesung mit der Lupe schwierig und unbequem; es sollten daher immer Theilung und Bezifferung sich möglichst nahe beisammen und in der gleichen Ebene befinden.

Bei den Sextanten ist jeder Grad in 6 oder 4 Theile getheilt, es giebt also die Theilung direkt 10′ bezw. 15′. Die Oktanten sind gewöhnlich von 30′ zu 30′ oder auch von 20′ zu 20′ getheilt. Manche Fabrikanten machen auch sogenannte Halbsextanten, bei welchen die direkte Theilung 15′ oder 20′ beträgt. Die Sextanten erlauben meist Winkel bis etwa 140° zu messen, während die Oktanten nur wenig über 90° geben. Die Halbsextanten lassen dagegen Winkel bis etwa 110° messen, ausserdem ist ihnen gewöhnlich, wie den Oktanten, nur ein terrestrisches Fernrohr beigegeben, auch ist der Fernrohrträger fest und lässt sich nicht in Höhe verstellen. Da diese Instrumente daher, wie die Oktanten nur für Höhenmessungen gebraucht werden, würde es im allgemeinen genügen, wenn die Noniusablesung auf 30″ beschränkt würde.

Die Theilung der Reflexions-Instrumente, besonders der neueren, ist nach den Untersuchungen der Seewarte recht befriedigend und gab nur selten zu Anständen Veranlassung.

Alhidade.

Im Mittelpunkte des Sextantenkreises befindet sich eine Büchse zur Aufnahme der Alhidadenaxe. Um diese zur Limbusebene senkrecht stehende Axe dreht sich ein linealförmiger Messingschenkel, die Alhidade genannt, welche über dem Zentrum den grossen Spiegel und am anderen Ende die Einstell- und Ablesevorrichtung trägt. Diese besteht aus der Klemmvorrichtung, der Feinstellschraube (Mikrometerschraube genannt, obwohl sie nicht zum Messen eingerichtet ist), dem Nonius und der Lupe mit der davorstehenden Blende aus mattem Glas.

Zur Ablesung der Stellung des Alhidadenzeigers auf der Theilung ist ein Index nöthig. Ein einfacher Strich würde nur eine der Limbustheilung entsprechende geringe Ablesungsgenauigkeit erlauben. Um daher eine genauere Ablesung zu ermöglichen, ist ein „Vernier“ oder „Nonius“ nöthig. Derselbe besteht aus einem Bogenstück, das sich mit der Limbustheilung konzentrisch bewegt und eine ähnliche Theilung wie der Gradbogen besitzt, nur ist sie um einen bestimmten Theil grösser oder kleiner als jene. Der Nullpunkt (Index) der Noniustheilung giebt die Stellung der Alhidade auf dem getheilten Kreise an und ist daher häufig besonders gezeichnet (durch einen Pfeil oder dgl.). Die Theilung ist wie die Kreistheilung gewöhnlich auf Silber, manchmal aber auch auf Elfenbein bei Elfenbeinlimbus oder auf Gold bei Platineinlage des Limbus. Der Nonius selbst ist in einem viereckigen Ausschnitt der Alhidade befestigt. Meist befindet er sich auf der äusseren Seite der Theilung; bei einigen Instrumenten ist er jedoch an der inneren Seite angebracht.

Digitized by Google

Es wird bei Sextanten immer ein sog. „nachtragender" Nonius verwendet, dessen Bezifferung in derselben Richtung wie diejenige der Haupttheilung fortschreitet. Beträgt nun der Werth eines Theiles der Haupttheilung a Minuten und umfasst der Bogen des Nonius n solcher Theile, so ist die Länge des ganzen Nonius gleich an Minuten. Wird nun derselbe in $n+1$ Theile eingetheilt, so beträgt der Werth eines jeden Theiles am Nonius $\frac{an}{n+1}$ Minuten. Der Unterschied zwischem einem Theile der Haupttheilung und einem Theile des Nonius ist demnach:

$$a - \frac{an}{n+1} = \frac{a}{n+1} \text{ Minuten.}$$

Die Noniustheile sind also kleiner als die der Haupttheilung und zwar kann man damit noch den $n+1$ Theil der Haupttheilung messen. Der Nonius giebt, wie schon oben angedeutet, bei Sextanten 10″ oder 15″, in selteneren Fällen auch nur 30″; bei Halbsextanten 15″ oder 20″ und bei Oktanten 30″ oder 1′. Bei einem Theile der Sextanten, z. B. mit 10′ Theilung, sind 59 Theile des Limbus (9°50′) in 60 Theile am Nonius getheilt. Es beträgt also ein Noniustheil 9′50″ gegen 10′ der Limbustheilung. Dabei wird der Nonius ziemlich kurz und daher der lineare Unterschied sehr klein und die Ablesung ist dabei manchmal etwas schwierig. Um daher grössere Intervalle zu bekommen, wird vielfach der sogenannte „erweiterte" Nonius verwendet, bei welchen der doppelte Betrag, also 119 Theile des Limbus (19°50′) in 60 Theile getheilt werden, wodurch ebenfalls der Nonius direkt 10″ giebt. Bei 15′ Theilung des Limbus werden entsprechend 14°45′ in 60 Theile getheilt und dadurch die Ablesung 15″ erhalten. Bei Oktanten mit 20′ Theilung entsprechen 40 Theile des Nonius 39 Theilen des Limbus, man erhält daher 30″ Ablesung.

Theilt man den Nonius, welcher n Theile der Haupttheilung umfasst, in $n-1$ Theile, wobei also ein Noniustheil grösser als ein Theil der Haupttheilung ist, so ist der Unterschied zwischen einem Theil der Haupttheilung und einem Theil des Nonius

$$\frac{an}{n-1} - a = \frac{a}{n-1}$$

In diesem Falle läuft die Bezifferung des Nonius entgegengesetzt wie die Bezifferung der Haupttheilung. Dieser sogenannte „vortragende" Nonius wird jedoch bei Sextanten niemals verwendet.

Die Feinheit der Theilstriche bestimmt die zulässige Ausdehnung des Nonius. Es darf also der Unterschied in den Intervallen der beiden Theilungen nicht so gering werden, dass man im Zweifel über die Koinzidenz der entsprechenden Striche sein kann. Fällt kein Theilstrich des Nonius mit einem Striche der Haupttheilung zusammen, was man am schärfsten erkennt, wenn man die Stellung der beiden dem bestkoinzidirenden benachbarten Striche vergleicht, so werden noch Bruchtheile geschätzt. Eine solche Schätzung lässt sich genauer ausführen, als die Ablesung an einem zu fein getheilten Nonius. Da als ungefähre Grenze einer praktisch noch brauchbaren Theilung beim Beobachten mit blossem Auge noch eine Noniusverschiebung von $^1/_{30}$ mm angenommen werden kann, so lässt sich leicht die Grenze ermitteln, wie weit man gehen darf, um beim Beobachten mit einer Lupe noch deutlich ablesen zu können. Die Verschiebung darf um so viel kleiner sein, als die Vergrösserung der Lupe beträgt.*)

Um die Koinzidenzen der Theilstriche in der Nähe des Anfangs- oder Endpunktes des Nonius genau beurtheilen zu können, wird bei den meisten neueren und besseren Instrumenten auf dem Nonius noch eine sogenannte Uebertheilung (auch Vorbogen, Exzedenz genannt) angebracht, welche sowohl vor dem Nullstrich, als auch nach dem Endstrich des Nonius liegt.

Während nun aber die eigentliche Kreistheilung jetzt fast immer gut hergestellt wird, ist dies bei der Noniustheilung nicht immer der Fall. Besonders häufig findet man die Ueberstriche unrichtig angebracht, wodurch ein genaueres Abschätzen nicht möglich ist. Es sollten daher die Mechaniker darauf sehen, die Nonien stets in gleicher Güte, wie die Theilung des Kreises herzustellen.

Auch kommt es öfter vor, dass der Nonius zu viel oder zu wenig auf die Limbustheilung geschoben ist, so dass also z. B. nicht 60 Noniustheile 59 Theilen des Gradbogens entsprechen, sondern einige mehr oder weniger. Dann ist die am Nonius erhaltene Ablesung der Koinzidenz, mit Ausnahme des Nullstriches, nicht richtig. Der Fehler wird um so grösser, je weiter der Koinzidenzpunkt zwischen den beiden Theilungen vom Nullpunkt des Nonius abliegt. Meist ist der Fehler nur 10″ bis 20″ im Maximum, beträgt also bei

*) Karsten, „Vom Maass und Messen."

Digitized by Google

einem Nonius mit 10″ Ablesung für jede Noniusminute 1″ bis 2″. Es kommen aber bei älteren Instrumenten auch noch grössere Fehler vor, deren Vernachlässigung durchaus unstatthaft wäre. Die Korrektion für jede Ablesung ist genügend genau in Sekunden gleich der betreffenden Noniusminute multiplizirt mit der Sekundendifferenz pro Minute zwischen dem richtigen und beobachteten Noniuswerth. Sie wird addirt, wenn der Nonius zu wenig, und subtrahirt, wenn er zu viel auf die Theilung geschoben ist.

Bei den Reflexions-Instrumenten ist der Nonius in einem rahmenförmigen Ausschnitt fest mit der Alhidade verbunden und lässt sich seine Stellung daher nur durch den Mechaniker ändern. Die dem Kreisbogen zugewandte Kante, welche die Theilung trägt, ist flach abgeschrägt; sie soll möglichst mit der Ebene der Kreistheilung zusammenfallen. Diese Bedingung ist meist erfüllt, doch kommen auch Fälle vor, in welchen beim Festklemmen der Nonius sich etwas vom Limbus abhebt. Dies rührt von der unrichtigen Konstruktion der Klemmvorrichtung her, besonders bei schwach gebauten Alhidaden. Liegt aber der Nonius nicht fest an, so entstehen leicht beim Ablesen infolge Parallaxe Fehler.

Zur Vermeidung dieses Fehlers wird daher bei den Theodoliten der Nonius in der gleichen Ebene mit der Limbustheilung angebracht (sogenannter einliegender Nonius),*) welche Konstruktion sich aber bei den Sextanten nicht leicht verwenden lässt.

Die Klemmen sind bei Sextanten an der Peripherie des Kreises angebracht und werden in zweierlei Form verwendet. Bei den einen geschieht das Klemmen in radialer Richtung, bei den andern senkrecht dazu. Mit diesen Klemmungen ist immer die Feinbewegung in Verbindung gebracht.

Im ersteren Falle gleitet an einer Rippe auf dem Kreisbogen des Instrumentenkörpers ein Klemmschlitten, der durch die auf eine plattenförmige Feder wirkende Klemmschraube festgeklemmt werden kann. Ein auf dem Klemmschlitten sitzender, an den Seiten leicht ausgekehlter, stählerner Zapfen stellt die Verbindung zwischen Klemmschlitten und Alhidade her. Letztere hat über den Rahmen des Nonius hinaus eine gabelartige Verlängerung, deren rechter Arm einen Messingstift mit Knopf trägt, welcher durch eine übergestreifte Spiralfeder gegen den Zapfen der Klemmschraube gedrückt wird, so dass dieser sich fest gegen eine im linken Arm der Verlängerung gelagerte Mikrometerschraube legt. Der Klemmschlitten muss somit den Bewegungen der Alhidade folgen. Ist der Schlitten durch die Klemmschraube festgestellt, so kann man die Alhidade noch mittelst der Mikrometerschraube langsam bewegen und so die genaue Einstellung des gemessenen Winkels bewirken, dabei muss aber diese Bewegung sehr gleichmässig, nicht ruckweise geschehen können.

Diese Art der Klemmung ist besser als die andere, bei welcher zwei Klemmbacken auf den Kreis gepresst werden. Bei einigen Instrumenten dieser Art läuft der Klemmschlitten in einer Nuth, wodurch eine grössere Stabilität erzielt wird und beim Klemmen senkrecht zum Limbuskreis keine Spannung in der Alhidade entsteht. Bei der anderen hingegen, bei welcher diese Führung fehlt, muss dieser Mechanismus ganz genau gearbeitet und darf nicht ausgenutzt sein, sonst können sehr leicht Spannungen und kleine Deformationen des Kreises oder auch der einzelnen Alhidadentheile gegeneinander, also insbesondere gegen die Axe und gegen die Visirlinie entstehen, wodurch entsprechende Einstellungsfehler hervorgebracht werden. Man sieht daher auch öfter bei schwach gebauten Alhidaden, dass der Nonius beim Klemmen von dem Kreise abgehoben wird oder dass die Einstellung eines Objektes verschieden ausfällt, je nachdem man die Feinstellschraube vorwärts oder rückwärts bewegt. Es verstärken daher manche Fabrikanten auch den Alhidadenarm durch eine aufgesetzte Rippe, damit dieser sich nicht so leicht verbiegen kann. Bei guter Ausführung sind zwar auch bei dieser Konstruktion, welche bei Sextanten wohl am meisten im Gebrauch ist (bei anderen Instrumenten ist man fast ganz davon abgekommen), wie die Erfahrung zeigt, keine Fehler zu befürchten. Auch hält sie sich auf die Dauer gut; aber vielfach wird noch der Alhidadenarm zu schwach konstruirt und dadurch eine nicht zu beseitigende konstante Fehlerquelle geschaffen. Da bei solchen

*) Nach G. Cicconetti besteht die folgende Beziehung zwischen dem Kreishalbmesser R und der Noniusangabe:

$$f'' = \frac{2\varepsilon_0}{R}\rho''$$

wenn f'' die gewünschte Ablesung in Bogensekunden, $\rho'' = 206\,265$ und ε_0 die Ablesungsgrenze mit der Lupe bedeutet. Für den aufliegenden Nonius fand er $\varepsilon_0 = 3.0\,\mu$ und für den einliegenden $\varepsilon_0 = 1.5\,\mu$. Es ist also mit einem kleineren Kreise im letzteren Falle die gleiche Ablesegenauigkeit zu erreichen, wie mit aufliegendem Nonius. Für Nonien von 10″ Angabe ist also bei aufliegendem Nonius ein Kreisradius von 124 mm und bei einliegendem Nonius von 62 mm nöthig. (Zeitschrift für Instrumentenkunde, Jahrgang 19. 1899. Seite 158).

Digitized by Google

mangelhaften Instrumenten mit der Zeit der Fehler durch Abnutzung der Axe wächst, so kann es vorkommen, dass dadurch Ungenauigkeiten in den Messungen entstehen, die mehr als 1′ betragen. Es wäre daher sehr zu wünschen, dass bei der Konstruktion der Alhidaden hierauf besonders Rücksicht genommen würde, weshalb man sie im allgemeinen etwas stärker konstruiren sollte, um diese Fehlerquelle möglichst ganz zu beseitigen. Es ist auch ferner nicht ganz gleichgültig, wo der Angriffspunkt der Klemm- bezw. Feinstellschraube sich befindet. Am besten sind diejenigen Konstruktionen, bei welchen die Klemme in der Mitte ist und die Feinstellschraube ihre Führung an den Enden der Noniusfassung hat. Befindet sich diese Vorrichtung seitlich angebracht, so können leicht Spannungen entstehen, die auf die Axe ungünstig einwirken.

Um die vom grossen Spiegel reflektirten Bilder genau einstellen zu können, lässt sich die Alhidade nach dem Festklemmen noch durch die Feinstell- oder Mikrometerschraube etwas verstellen. Die Konstruktion derselben wird in verschiedener Weise ausgeführt und giebt im allgemeinen zu keinen besonderen Bemerkungen Anlass. Da diese Schraube nur zum Einstellen und nicht zum Messen verwendet wird, so ist ein kleiner todter Gang nicht gerade sehr schädlich. Er kommt auch um so leichter bei Sextanten vor, als die Schrauben meist aus Messing verfertigt sind und sich daher leicht abnutzen. Zur Verhinderung des todten Ganges wird gewöhnlich eine Gegenfeder (Spiralfeder) verwendet, ohne diese wird wohl meist etwas todter Gang vorhanden sein. Freilich wird das Messen bezw. das Einstellen auch dann unsicher, wenn die Schraube zu sehr abgenutzt ist und daher die Alhidade nicht stetig, sondern ruckweise fortbewegt wird, also das Einstellen nicht genau ausgeführt werden kann. In solchen Fällen ist eine Reparatur des Mikrometerwerkes unbedingt erforderlich.

Die Prüfung des Nonius geschieht in der Weise, dass man seine Theilstriche nacheinander mit einem und demselben Theilstriche der Haupttheilung zur Koinzidenz bringt. Es müssen dann die beiden benachbarten Noniusstriche gleich weit von den benachbarten Strichen der Haupttheilung entfernt bleiben. Ausserdem muss die Länge des Nonius richtig sein, wovon man sich überzeugt, wenn man seinen Nullstrich an verschiedenen Kreisstellen mit der Haupttheilung zur Koinzidenz bringt und nachsieht, ob der Endstrich des Nonius dann ebenfalls immer mit einem Theilstrich der Limbustheilung zusammenfällt oder ob eine konstante Differenz vorhanden ist. Ist eine ungleichmässige Differenz vorhanden, so ist auf Theilungsfehler der Haupttheilung zu schliessen. Sind die Differenzen periodisch wachsend oder abnehmend, so rührt dies von der Exzentrizität der noniustragenden Alhidade gegen die Kreistheilung her.

Die Lupe. Zur Erleichterung der Ablesung des Nonius und Erhöhung der Genauigkeit dient eine Lupe, welche sich an einem messingenen Arm befindet, der um einen Punkt (Säule oder Schraube) in der Mitte der Alhidade drehbar befestigt ist. Bei manchen Instrumenten ist der Drehpunkt der Lupe zu nahe dem Nonius, dann kann es vorkommen, dass die Lupe nicht in allen Lagen gut auf die Mitte der abzulesenden Theilung eingestellt werden kann. Da der Nonius mit dem Limbus nicht in einer Ebene liegt, so muss die Lupe etwas schief gegen den Kreis stehen, um für die Ablesungen die beste Stellung zu haben, nicht aber senkrecht dazu, wie man es noch manchmal sieht. Zur besseren und gleichmässigeren Beobachtung des Kreises ist entweder am Lupenträger oder am Alhidadenarm eine länglich viereckige Blende aus mattem, geschliffenen Glas befestigt. Durch diese Vorrichtung wird bezweckt, dass die abzulesenden Striche der Limbus- und der Noniustheilung durch die Lupe gleichmässig und ohne einseitige Beleuchtung erscheinen und damit eine sichere Ablesung ermöglicht wird. Bei einigen englischen Instrumenten bildet dies Blendglas einen kreisförmigen Ring von etwas mehr als 1 cm Breite, in dessen Mitte die Lupe sich befindet.

Man unterscheidet einfache und zusammengesetzte Lupen. Erstere bestehen aus einer plankonvexen oder bikonvexen Linse, deren Krümmung nach der vorderen Seite stärker als auf der Rückseite ist. Bei dieser einfachen Linse wird das Bild immer etwas verzerrt, weshalb man bei Sextanten fast ausschliesslich zusammengesetzte Lupen verwendet, die aus zwei oder drei Kron- und Flintglaslinsen kombinirt sind und ein schönes ebenes und unverzerrtes Gesichtsfeld geben. Bei diesen Lupen sind die Linsen in einem Messingzylinder von etwa 3 bis 4 cm Höhe und $1\frac{1}{2}$ cm Durchmesser gefasst, der durch einen Deckel mit Sehloch, an welches das Auge zu halten ist, bedeckt wird. In der Mitte der Fassung befindet sich eine Blendung (Diaphragma), um die Randstrahlen der Linsen, welche die Deutlichkeit des Bildes stören, nicht in das Auge gelangen zu lassen. Das Innere der Zylinderwand wird, um Spiegelungen zu vermeiden, matt oder ganz schwarz gehalten. Die Vergrösserung ist meist zwei- bis vierfach.

Digitized by Google

Damit die Ablesungen ohne Fehler geschehen, ist die Lupe so über die Noniustheilung zu bringen, dass der koinzidirende Strich in der Mitte des Gesichtsfeldes ist. Zur Vermeidung der Parallaxe darf man dabei nicht seitlich in die Lupe sehen; weshalb es anzurathen ist, das Auge möglichst nahe an das Okular zu bringen. Es ist daher gut, wenn das Okularloch nicht zu gross gehalten wird, da dadurch ein seitliches Sehen erschwert wird.*)

Axe.

Im Mittelpunkt der Kreistheilung ist am Sextantenkörper die Büchse für die Alhidadenaxe befestigt. Die Axe wird bei Sextanten sowohl zylindrisch, als auch konisch hergestellt, und ist vollständig in die Büchse eingelassen. Ihre Länge ist verschieden und schwankt zwischen 1 und 5 cm; auch der Durchmesser variirt stark. Nach den Erfahrungen der Seewarte ist bei guter Ausführung der in Betracht kommenden Theile kein Unterschied in der Art und Grösse zwischen zylindrischen und konischen Axen. Es wird jedoch nicht immer die Axe und Büchse gut hergestellt, so dass verhältnissmässig häufig unsichere Axen auch bei neuen oder noch nicht lange im Gebrauch befindlichen Apparaten vorkommen. Die Ursache davon kann sowohl daher rühren, dass der Zentrumszapfen nicht gut gedreht, als auch, dass die Axenführung mangelhaft ist. Es ist aber unbedingt nöthig, dass bei der Konstruktion auf diesen Punkt ganz besondere Sorgfalt verwendet wird. Auf den Einfluss, welchen eine unrichtig konstruirte Alhidade auf die Axe üben kann, ist bereits schon oben hingewiesen worden.

Fällt die Drehaxe nicht genau mit dem Mittelpunkt der Limbustheilung zusammen, so ist „Exzentrizität“ vorhanden. Mit welch' kleinen Grössen man es bei den kleinen Dimensionen der Sextanten zu thun hat, geht daraus hervor, dass bereits ein Fehler von 0.1 mm in der Zentrirung im Maximum schon einen Fehler in der Ablesung von 3′ bis 4′ hervorbringen kann. Daher erzeugen auch „kleine Verbiegungen“ durch Stösse oder dergleichen meist starke Exzentrizitätsfehler, wenn nicht noch auch andere starke Unregelmässigkeiten hinzutreten. Es ist daher von grossem Vortheil, wenn die Axe, wie es vielfach geschieht, durch eine eigene Hülse geschützt wird und so direkter Berührung weniger leicht zugänglich ist. Bei ungleichmässiger Abnutzung der Axe bezw. der Büchse entsteht ein ähnlicher Fehler, überdies aber noch ein Schlottern der Axe in der Büchse, wodurch die Einstellungen an der gleichen Stelle der Theilung unsicher, also die Beobachtungen ungenau werden. Zur Entfernung dieses Fehlers ist eine Ueberarbeitung durch einen Mechaniker nothwendig, da überdies zu befürchten ist, dass der Fehler immer grösser wird und dann in den Beobachtungen eine veränderliche Genauigkeit entsteht. Bei zu starken Verletzungen sollte das Instrument überhaupt nicht mehr auf See Verwendung finden.

Grosser Spiegel.

Oberhalb des Zentrumzapfens der Alhidade befindet sich eine kreisförmige Platte, auf welcher der „grosse Spiegel“ montirt ist. Derselbe ist ein hinten belegter Glasspiegel von etwa 40 bis 50 mm Breite und 30 mm Höhe. Es würde aber auch genügen, ihn nur halb so hoch zu nehmen, wie es auch bei Prismenkreisen geschieht, da doch nur die an der belegten unteren Hälfte des kleinen Spiegels reflektirten Lichtstrahlen gebraucht werden. Der Spiegel soll vollkommen eben und seine Vorder- und Hinterfläche einander parallel sein. Die Prüfung ist in dem Aufsatze von H. Eylert, „Der Sextant“, Seite 18—23, genau beschrieben und wird in der gleichen Weise bei allen der Seewarte eingelieferten Sextanten ausgeführt. Spiegel, welche nicht eben sind, geben schlechte Bilder, mit verwaschenen Rändern, sollten also nicht gebraucht werden, da sie nicht genau eingestellt werden können. Sind die Flächen nicht genau parallel, so kann der Spiegel zu Höhenmessungen bis zu Winkeln von 90° noch verwendet werden, wenn die Vorder- und Hinterfläche des Spiegels um nicht mehr als 5″ bis 6″ gegen einander geneigt sind. Grössere Winkel mit einem solchen Spiegel zu messen, ist schon deshalb nicht rathsam, weil dann gewöhn-

*) Die Kreisablesung mit Nonien ist immer etwas mühsam und für das Auge anstrengend, besonders wenn die Nonien eine längere Theilung mit sehr engen Intervallen haben; auch kommen leicht Irrthümer damit vor. Zur Beseitigung dieser Mängel hat man bei feststehenden Instrumenten (Theodoliten) vielfach die sog. Schätzmikroskope eingeführt, welche entweder nur einen Faden oder auch eine kleine Skala besitzen, die das Ablesen äusserst leicht und sicher zu machen erlauben. Es könnte sich daher vielleicht der Versuch lohnen bei Sextanten für Vermessungszwecke diese Art der Mikroskope zu probiren. Vgl. darüber z. B. Reinhertz, „Ablesung am Schätzmikroskop“ und A. Fennel, „Fennel's neue Schätzmikroskop-Theodolite,“ Zeitschrift für Vermessungswesen, Jahrgang XXXI, 1902, S. 213—217.

Digitized by Google

lich das von der Vorderfläche reflektirte Bild stärker wird, als das von der hinteren Fläche des Spiegels kommende Bild und dadurch eine neue Ungenauigkeit entsteht. Der auf die Messungen einwirkende Spiegelfaktor beträgt bei:

10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	100°	110°	120°
0.050	0.116	0.207	0.326	0.480	0.683	0.954	1.323	1.840	2.598	3.784	5.809

Dieser, mit der Neigung der Spiegelflächen gegen einander in Bogensekunden multiplizirt, giebt den Einfluss derselben auf die Winkelmessungen. Will man daher aus Winkelmessungen mit einem Sextanten seine Exzentrizität berechnen, so ist zuerst der Einfluss eines solchen Spiegels von den Messungen abzuziehen. Dabei ist die Neigung positiv einzuführen, wenn das dünnere Ende, und negativ, wenn das dickere Ende des Spiegels dem Gradbogen zugekehrt ist.

Es ist jedoch zu beachten, dass die Einstellungen und Messungen eines Sextanten mit einem fehlerhaften oder schlechten Spiegel darum ungenau werden, weil die Bilder der zu beobachtenden Gegenstände infolge dieses Umstandes verschwommen erscheinen, da die beiden Bilder, das von der hinteren (belegten) und das von der vorderen Fläche, reflektirt neben einander erscheinen und die Helligkeit des von der hinteren Fläche reflektirten Lichts mit zunehmendem Winkel abnimmt, während das von der vorderen Fläche reflektirte Bild dann an Helligkeit zunimmt. Somit erscheint der Rand der zu beleuchtenden Bilder undeutlich, wodurch die Messungen um einen merklichen Betrag unsicher werden können. Auch lässt sich nicht immer mit Sicherheit entscheiden, ob man das von der vorderen oder das von der hinteren Fläche reflektirte Bild eingestellt hat.

Die Konstruktion guter Spiegel bietet heutzutage keine grosse Schwierigkeit, trotzdem finden sich noch ziemlich häufig Instrumente mit fehlerhaften Spiegeln. Die Seewarte giebt neue Instrumente mit schlechten Spiegeln ohne Zertifikate an den Fabrikanten zurück; bei älteren Instrumenten wird eine entsprechende Bemerkung dem Zeugniss einverleibt und dem Besitzer eine Auswechslung angerathen; diesem Rath wird auch häufig Folge geleistet.

Man könnte auch daran denken, den zerbrechlichen Glasspiegel durch einen festen Metallspiegel zu ersetzen, bei welchem die Reflexion an der Vorderfläche direkt stattfindet. Bis jetzt aber leiden die dazu brauchbaren Metalle und Metall-Legirungen*) an dem Uebelstand, dass sie zu wenig Widerstandskraft gegen die atmosphärischen Einflüsse haben, weshalb eine Einführung in die Praxis nur für gewisse Zwecke, wie bei astronomischen Spiegelteleskopen und dgl. möglich ist, nicht aber bei Instrumenten, wie Sextanten, die viel zu sehr allen Unbilden der Witterung ausgesetzt sind.

Die Befestigung des grossen Spiegels auf der Alhidade wird auf verschiedene Weise bewirkt, theils mit Korrektionsvorrichtungen zum Senkrechtstellen des Spiegels, theils ohne diese. Im letzteren Falle muss seine Fassung vom Mechaniker so genau und sicher gearbeitet sein, dass eine Veränderung in der Neigung unter normalen Umständen ausgeschlossen ist, was auch, wie die Erfahrung lehrt, gut möglich ist. Bei eingetretener Aenderung ist daher die Richtigstellung wieder nur durch den Mechaniker vorzunehmen. Bei dieser Aufstellung ist eine Metallplatte von der Grösse des Spiegels auf der Alhidade senkrecht befestigt, welche an drei Punkten, gewöhnlich an den beiden unteren Ecken und am oberen Rande in der Mitte einen festen Ansatz (Spitze) hat, an welche der Spiegel sich nach dem Befestigen anlegt. Seltener kommt es vor, dass zwei dieser Spitzen an der Seite und die dritte in der Mitte des gegenüberliegenden Seitenrandes angebracht ist. Der Spiegel wird durch eine kastenartige Fassung gehalten, welche über ihn und der festen Platte geschoben und in der Mitte der hinteren Wand durch eine Schraube an die feste Platte angeschraubt wird. Die vordere Seite des Kastens ist offen und hat nur an drei Stellen, welche den oben angeführten Spitzen der festen Platte entsprechen, kleine Ansätze (Nasen), welche den Spiegel festhalten. Das Kästchen darf nicht zu fest angeschraubt werden, damit im Spiegel keine Spannungen und damit schlechte Bilder entstehen. Sind die Bilder bei Sextanten nicht gut, so rührt dies häufig von dieser Pressung und dadurch entstandener Durchbiegung her, welche durch eine geringe Rückwärtsbewegung der Befestigungsschraube beseitigt werden kann, worauf die verzerrten Bilder verschwinden.

Es kann auch ohne die feste Platte das Kästchen, in welchem der Spiegel steht, mit drei Anschlägen versehen sein, wobei es dann mit zwei oder drei Schrauben fest mit der Alhidade verbunden ist. An der

*) E. Hayn und H. Rubens, „Das Reflexionsvermögen von Metallen und belegten Glasspiegeln.“ Annalen der Physik, IV. Folge, 1900, Bd. 1, S. 352, und Zeitschrift für Instrumentenkunde, Jahrgang 19, 1899, S. 293.

Digitized by Google

vorderen Seite wird dann der Spiegel durch drei kleine Metallstreifen (Nasen), welche an dem Rahmen festgeschraubt werden, gehalten. Hierbei lässt sich der ganze kastenartige Rahmen durch Unterlegen von Papierstreifen und dergleichen etwas neigen und dadurch der Spiegel, falls er nicht genau senkrecht steht, korrigiren.

Häufiger ist jedoch an der Spiegelfassung statt des oberen Anschlagkornes eine durchgehende Korrektionsschraube angebracht, welche an der hinteren Spiegelfläche anliegt, wodurch die Neigung des Spiegels geändert werden kann. Da nun stärkere und bei den Messungen störende Aenderungen in der Lage des grossen Spiegels nur durch äussere Einflüsse hervorgerufen werden können (die Aenderungen durch Temperaturwechsel sind vollständig zu vernachlässigen), so ist sehr darauf zu achten, dass die Stellung dieser Schraube nicht verändert wird. Um solche Aenderungen weniger leicht möglich zu machen, wird die Korrektionsschraube manchmal mit einer Metalllamelle gesichert, welche mit einer zweiten Hilfsschraube beliebig festgestellt werden kann.

Andere Mechaniker schrauben eine kleine Hülse über die Korrektionsschraube, in diesem Falle ist bei allfällig nöthig werdenden Korrektionen dieses Hütchen abzuschrauben. Dies wird vermieden, wenn die Schraube in einem Ansatzstück so tief eingelassen werden kann, dass der Kopf darin versenkt wird. Es ist diese Art der Montirung entschieden der anderen, bei welcher die Schrauben frei sind, vorzuziehen; namentlich sollten aber die Korrektionsschrauben nicht so lang sein, wie man es noch häufig trifft, da sie dadurch weit von der Fläche abstehen und leichter berührt, also verstellt werden können.

Manchmal sind sämtliche drei Anschlagpunkte des grossen Spiegels verstellbar. Es dürfte aber diese Modifikation am wenigsten zu empfehlen sein, indem dadurch eine Verstellung des Spiegels noch leichter möglich ist, als bei einer Korrektionsschraube.

Es kommt, wenn auch seltener, vor, dass von den drei Schrauben, mit welchen der Spiegelrahmen an die Alhidadenplatte befestigt ist, die eine als Stellschraube eingerichtet ist, während sich der Kasten mit dem Spiegel um die Verbindungslinie der beiden anderen Schrauben kippen lässt. Diese Einrichtung ist indessen nicht zu empfehlen, da durch ungleichmässiges Anziehen der Schrauben leicht Spannungen entstehen, die sich später, z. B. schon bei stärkerem Temperaturwechsel u. s. w., auslösen und Veränderungen in der Spiegelung hervorbringen.

Bei sorgfältiger Behandlung des Sextanten treten übrigens Aenderungen beim grossen Spiegel selten ein und sind daher Korrektionen nur ausnahmsweise vorzunehmen.

Die einfachste, völlig ausreichende Art, die senkrechte Stellung des grossen Spiegels zu prüfen ist die, dass man durch Verschiebung der Alhidade den Nonius ungefähr auf die Mitte der Theilung bringt, dann hält man den Sextanten mit seinem Zentrum dem Auge zugewendet und bringt dieses so an den Rand des grossen Spiegels, dass man sowohl einen Theil des Gradbogens direkt, als auch sein reflektirtes Bild im Spiegel sehen kann. Erscheinen dann der direkt und der im Spiegel reflektirte Bogen genau in einer Ebene liegend, so steht der grosse Spiegel auf der Ebene des Sextanten senkrecht; erscheint das Bild des Gradbogens höher als der direkt gesehene Theil, so ist der Spiegel gegen die Sextantenebene nach vorne, im entgegengesetzten Falle nach hinten geneigt. Liegt die Neigung des grossen Spiegels zur Normalen auf der Sextantenebene innerhalb $\pm 10'$, so entstehen dadurch bei den Beobachtungen nur Fehler, die, wie weiter unten gezeigt wird, innerhalb der mit dem Sextanten zu erhaltenden Genauigkeit liegen. Und eine solche Genauigkeit lässt sich mit der angegebenen Methode sicher erreichen.

Die anderen Untersuchungsmethoden durch Aufstellen von Dioptern oder mit einem Nivellir-Instrument und dgl.*) sind im allgemeinen zu umständlich, um allgemeiner angewendet werden zu können. Mit den den Sextanten meist beigegebenen Dioptern geschieht die Prüfung in der Weise, dass man den Fernrohrträger entfernt und den grossen Spiegel dann so stellt, dass ein von seinem Drehpunkt nach dem 60. Limbusgrad gezogen gedachter Radius ungefähr senkrecht zur Spiegelfläche steht. Man setzt nun das Instrument auf einen Tisch und stellt die Diopter so auf die Instrumentalebene, dass das Loth auf den grossen Spiegel durch sie hindurchgeht; dabei bringt man das Objektivdiopter vor den Spiegel, das Okulardiopter nahe dem Limbus auf die Sextantenebene. Steht der Spiegel richtig, so deckt sich beim Hindurchsehen durch das Okulardiopter der Faden des Objektivdiopters mit seinem Spiegelbild. Erscheint das Spiegelbild über

*) Vergl. W. Jordan, „Grundzüge der astronomischen Zeit- und Ortsbestimmung", Berlin 1885, S. 178; ferner eine andere Methode von E. Kayser, „Ueber Bestimmung der Fehler des Spiegelsextanten etc.", Schriften der Naturforsch. Gesellschaft in Danzig. N. F., VIII. Bd., 1. Heft, 1892.

Digitized by Google

dem Faden, so ist der Spiegel nach vorne geneigt, erscheint er unter dem Faden, so ist der Spiegel nach hinten geneigt und kann dementsprechend mit der vorhandenen Korrektionsschraube berichtigt werden.

Um zu sehen, welchen Einfluss die Neigung des Spiegels auf die Winkelmessungen hat, kann man die folgende Betrachtung anstellen. Bildet der grosse Spiegel mit der Senkrechten zur Sextantenebene den Winkel l, und stellt man dann den kleinen Spiegel in der gewöhnlichen Weise mit dem grossen parallel, und auf diesen das Fernrohr senkrecht, so schliesst die Axe desselben mit der Sextantenebene ebenfalls den Winkel l ein. Man misst daher mit einem so montirten Sextanten die Winkel nicht in der Sextantenebene, sondern in einer um l dazu geneigten Ebene. Bezeichnet man daher den gemessenen Winkel mit w_0 (dessen Zentriwinkel $\frac{1}{2}w_0$ ist) und den wahren Winkel w_1 (also seinen Zentriwinkel $\frac{1}{2}w_1$), so hat man ein sphärisches Dreieck mit den Seiten $\frac{1}{2}w_0$, $90-l$, $90-l$ und den von den letzteren Seiten eingeschlossenen Winkel $\frac{1}{2}w_1$. Man erhält daraus nach dem Cosinussatz

$$\cos\frac{1}{2}w_0 = \sin^2 l + \cos^2 l \,.\, \cos\frac{1}{2}w_1 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

woraus man durch eine einfache Umformung

$$\sin\frac{1}{4}w_0 = \cos^2 l \,.\, \sin\frac{1}{4}w_1 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

erhält.

Man liest an der Kreistheilung den Winkel w_0 ab, der grösser als der wahre Winkel w_1 ist und begeht also durch die Messung einen Fehler

$$f^s = w_0 - w_1$$

den wir aus der Gleichung (2) berechnen können. Bildet man nämlich unter Berücksichtigung von (1) den Ausdruck $\cos w_0 - \cos w_1$ und beachtet ferner, dass $\cos w_0 - \cos w_1 = 2\sin\frac{w_1+w_0}{2} \cdot \sin\frac{w_1-w_0}{2}$ ist und w_0 nur wenig von w_1 verschieden ist, man also beide miteinander vertauschen kann, so erhält man schliesslich nach geeigneter Umformung:

$$\sin\frac{1}{4}(w_0 - w_1) = \frac{1}{2}\sin^2 l \,.\, tg\frac{1}{4}w_0 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

Da nun $w_0 - w_1$ und l kleine Winkel sind, die man ihren Bögen proportional setzen darf, so erhält man

$$f^s = w_0 - w_1 = 2l^2 tg\frac{1}{4}w_0 \sin 1'' \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (4)$$

Dieser Ausdruck giebt die Verbesserungen, welche an die Messungen anzubringen sind, wenn der grosse Spiegel unter einem Winkel l gegen die Sextantenebene geneigt ist und der kleine Spiegel nebst dem Fernrohre entsprechend gestellt sind. Die folgende Tabelle giebt einen Ueberblick über die etwa auftretenden Fehler:

Beobachteter Winkel w	$l = 10'$	$l = 20'$	$l = 30'$	$l = 40'$
10°	0.″2	0.″6	1.″4	2.″4
20	0.3	1.2	2.8	5.0
30	0.4	1.8	4.1	7.4
40	0.6	2.4	5.5	9.9
50	0.8	3.1	7.0	12.4
60	0.9	3.7	8.4	14.9
70	1.1	4.3	9.7	17.3
80	1.2	5.1	11.4	20.3
90	1.4	5.8	13.0	23.5
100	1.6	6.5	14.7	26.1
120	2.0	8.0	18.1	32.3

Man erkennt daraus, dass es genügt, den grossen Spiegel innerhalb 10′ genau senkrecht zur Instrumentenebene zu stellen, ohne befürchten zu müssen, irgend welche den Messungen schädliche Fehler zu begehen. Ist beispielsweise der Spiegel um 10′, 20′ resp. 30′ übergeneigt, so entspricht dies, bei der gewöhn-

Digitized by Google

lichen Höhe von 30 mm der Spiegel, in linearem Maasse an der oberen Kante 0.09, 0.17 resp. 0.26 mm, also Grössen, die der Mechaniker stets innehalten kann und welche bei der oben gegebenen Methode leicht erkannt werden.

Kleiner Spiegel.

Der kleine Spiegel steht ebenfalls senkrecht auf der Ebene des Sextantenkörpers, ist aber unbeweglich. Es ist nur seine untere Hälfte belegt, die obere ist unbelegt, durch welche man direkt ein Objekt einvisiren kann. Die Dimensionen dieses Spiegels sind gewöhnlich etwa 30 mm in Höhe und 20 mm in Breite. Seine Flächen sollen eben sein, damit nicht unscharfe Bilder entstehen. Da die Strahlen, welche von dem grossen Spiegel zurückgeworfen werden, immer unter demselben Winkel auf den kleinen Spiegel fallen, so wird auch der Fehler, welcher von der prismatischen Gestalt des letzteren herrührt, auf alle beobachteten Winkel den gleichen Einfluss haben. Die Grösse dieses Fehlers hängt von dem Einfalls- und Austrittswinkel der Lichtstrahlen her, die gewöhnlich etwa 15° betragen. Bei diesem Winkel aber ist der Fehler, der bei einer Messung entsteht, nur $^1/_5$ der Neigung der Spiegelflächen, so dass selbst eine Neigung von 30″ nur einen Fehler von 6″ bedingen würde. Es wird daher bei Verwendung eines kleinen Spiegels von prismatischer Gestalt nur der Indexfehler um eine konstante Grösse geändert und fällt also mit dessen Bestimmung aus den Beobachtungen heraus. Dagegen entstehen zwei Bilder des Gegenstandes, wodurch die Ränder undeutlich erscheinen, was bei kleineren Fehlern allerdings kaum irgend merklich störend wirkt, aber bei grösseren doch zu Ungenauigkeiten in den Messungen führen kann. Es ist daher darauf zu sehen, dass der kleine Spiegel eben und nicht stark prismatisch ist.

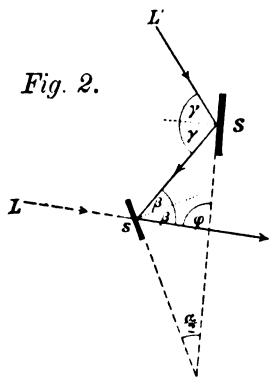


Fig. 2.

Verbindet man die Mittelpunkte des grossen und kleinen Spiegels miteinander, so nennt man den Winkel, welchen diese Verbindungslinie mit der Normalen auf dem kleinen Spiegel bildet, den Schärfungswinkel. Dieser Winkel ist für jedes Instrument eine konstante Grösse. Jeder Lichtstrahl, der vom grossen Spiegel nach dem kleinen reflektirt und von da nach dem Fernrohre (Auge) geworfen wird, trifft den kleinen Spiegel unter diesem Winkel β und verlässt ihn nach dem Reflexionsgesetze unter dem gleichen Winkel; β ist daher auch der Winkel, welchen die Fernrohraxe mit der Normalen des kleinen Spiegels bildet. Würden die Spiegel und das Fernrohr keine Dicke und Breite haben, so könnte man ein ideales System mit $\beta = 0°$ konstruiren, mit welchem es also möglich wäre, Winkel bis zu 180° zu messen. Da dies unmöglich ist, so wird die Grösse des Winkels so gewählt, dass man noch möglichst grosse Winkel messen kann. Aus konstruktiven Gründen ist β nicht kleiner als etwa 14° möglich. Bei den meisten Instrumenten findet man β etwa 15°, doch kommen auch Winkel von 17° öfter vor; grössere Winkel als 18° scheinen jedoch nicht verwendet zu werden. Will man erreichen, dass noch möglichst grosse Winkel gemessen werden können, was für manche Zwecke erwünscht ist, so muss man das Fernrohr möglichst nahe an den grossen Spiegel bringen und den kleinen Spiegel weit aus dem Kreissektor des Sextantenkörpers bringen. Auf diese Weise sind Instrumente hergestellt worden, die noch Winkel bis zu 145° zu messen erlauben.

Der Winkel β kann angenähert direkt am Instrument gemessen werden. Zur genaueren Bestimmung kann man sich der folgenden Methode bedienen. Man stelle die Alhidade auf ihre Extremstellung in der Nähe von 140°, dann ist der grosse Spiegel so nahe rechtwinklig auf den kleinen gerichtet, dass man im Fernrohr ein vom kleinen Spiegel einmal reflektirtes Bild eines in grösserer Entfernung hinter dem grossen Spiegel liegenden Objektes sehen kann. Die von diesem Objekt kommenden Strahlen gehen zu beiden Seiten am grossen Spiegel vorbei, ehe sie auf den kleinen Spiegel treffen. Können diese Lichtstrahlen, z. B. bei Oktanten, nicht genügend vorbei, so muss der grosse Spiegel für diese Messung ganz abgenommen werden. Die Bestimmung von β geschieht nun in der Weise, dass man den Sextanten horizontal auf einem Stativ befestigt und ihn so dreht, dass man ein scharf begrenztes einmal reflektirtes Bild A (*Fig. 3*), das hinter dem grossen Spiegel liegt, im kleinen Spiegel erblickt, während man gleichzeitig im Fernrohr F durch den oberen unbelegten Theil des kleinen Spiegels hindurchsehend ein zweites Objekt B direkt sieht. Dann ist der Winkel $BsA = 180-2\beta$. Um diesen Winkel mit dem Sextanten messen zu können, muss man noch eine Zwischenrichtung C einschalten und dann die beiden Winkel BsC und CsA messen.

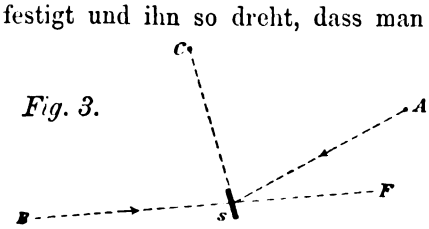
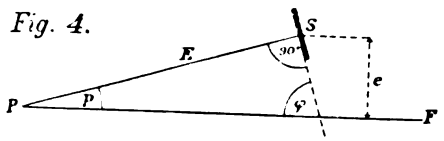


Fig. 3.

Digitized by Google

Eine andere Methode beruht auf der folgenden Ueberlegung. Nennt man den Winkel, welchen die Ebene des grossen Spiegels mit der Fernrohraxe bildet φ, so ist nach *Fig. 2*

Fig. 4.



$$\varphi + 2\beta + 90 - \gamma = 180° \quad \ldots\ldots (1)$$

also $$\varphi = 90 + \gamma - 2\beta \quad \ldots\ldots (2)$$

Ebenso ist immer $$\gamma = \beta + \frac{\alpha}{2} \quad \ldots\ldots (3)$$

somit $$\varphi = 90 - \beta + \frac{\alpha}{2} \quad \ldots\ldots (4)$$

Ist daher φ gleich 90°, d. h. steht der grosse Spiegel zum Fernrohr rechtwinklig, so wird $\beta = \frac{\alpha}{2}$ und man liest dann an der Alhidade den doppelten Schärfungswinkel ab. Da diese Stellung nicht unmittelbar genau gefunden werden kann, so stelle man (*Fig. 4*) den grossen Spiegel so, dass φ angenähert 90° wird. Hierauf suche man einen nahe gelegenen Punkt P in der Richtung der Fernrohraxe so, dass die Verbindungslinie PS mit der Mitte des grossen Spiegels rechtwinklig auf diesem steht, also der Punkt P sich im grossen Spiegel in sich selbst reflektirt. Sei die Parallaxe des Punktes P in Bezug auf den Abstand e der Spiegelmitte vom Fernrohr mit p bezeichnet, so ist $\varphi = 90 - p$ und damit erhält man aus (4) und der *Fig. 4*

$$\beta = \frac{\alpha}{2} + p = \frac{\alpha}{2} + \frac{e}{E}\varrho$$

Misst man also die Entfernungen e und E und liest den Winkel α am Sextanten ab, so erhält man unmittelbar den Schärfungswinkel β.

Eine andere Methode hat Gruey in den „Comptes rendus", Bd. 108, 1888, gegeben. Nachdem man die beiden Spiegel in der gewöhnlichen Weise parallel gestellt hat, wird ein entferntes Objekt anvisirt und dann der grosse Spiegel so lange gedreht, bis das direkte und das von den Spiegeln reflektirte Bild sich decken. Sodann wird an das Okular des Fernrohrs ein total reflektirendes Prisma angebracht. Lässt man nun Sonnenlicht oder künstliches Licht so auf das Prisma fallen, dass das Gesichtsfeld des Fernrohrs erleuchtet wird, so sieht man das direkte Bild der Fäden. Dreht man den grossen Spiegel in dem Sinne, dass seine Normale sich der Verbindungslinie beider Spiegel nähert, so sieht man bald ein zweites Bild des Fadennetzes in das Gesichtsfeld treten. Es ist dies das dreifach reflektirte Bild des direkt gesehenen, welches zuerst vom kleinen, dann vom grossen Spiegel und zuletzt wieder vom kleinen Spiegel reflektirt wurde. Bringt man nun durch Drehung des grossen Spiegels dieses mit dem direkten Bild zur Deckung, so hat der grosse Spiegel von der Anfangsstellung an den gesuchten Winkel beschrieben und die dazu gehörigen Kreisablesungen ergeben also direkt den Winkel zwischen der optischen Axe des Fernrohrs und der Normalen auf den kleinen Spiegel, d. i. aber der gesuchte Schärfungswinkel.*)

Die Aufstellung und die Korrektionsvorrichtungen des kleinen Spiegels sind ziemlich mannigfaltig. Der Spiegel befindet sich in einem Rahmen, welcher entweder auf dem Sextantenkörper fest angebracht ist, dann sind die Korrektionsschrauben an diesem Rahmen befestigt und wirken direkt auf den Spiegel, oder der Spiegel sitzt fest im Rahmen, dann wird dieser durch Korrektionsschrauben verstellt. Zuweilen ist der Rahmen nur in der einen Koordinate, Azimut oder Höhe, verstellbar, während am Spiegel die andere Richtung geändert werden kann.

Wenn der Rahmen des kleinen Spiegels fest mit seiner Unterlage verschraubt ist, so liegt der Spiegel mit seiner hinteren Fläche ähnlich wie der grosse Spiegel in der Fassung an drei Punkten auf, und zwar sind zwei davon an den Ecken des unteren Randes und einer in der Mitte des oberen Randes. Der eine untere Auflagepunkt ist eine feste Spitze, an Stelle der beiden anderen befinden sich Schräubchen, mit welchen die Neigung und das Azimut (Index) geändert werden kann. Die vordere Spiegelfläche wird unten durch einen federnden Metallstreifen und oben in der Mitte durch eine übergreifende Metallnase festgehalten. Diese Art der Befestigung und Korrektionsvorrichtung hat sich gut bewährt und zeigt nur eine geringe Veränderlichkeit in der Aufstellung des Spiegels.

*) Man kann diese Methode noch zur Bestimmung anderer Konstanten verwerthen; so lassen sich mittelst des dreifach reflektirten Bildes die Horizontalfäden oder die optische Fernrohraxe parallel zum Limbus stellen, oder man kann die Entfernung zweier Vertikalfäden im Bogenmaass erhalten u. s. w.

Digitized by Google

Bei denjenigen Sextanten, bei welchen der Rahmen des Spiegels nicht den ganzen Umfang umspannt, welche Konstruktion bezweckt, dass bei Nachtbeobachtungen der Horizont besser gesehen werden kann, geht die Fassung nur an der einen Seite bis zur oberen Kante des Spiegels und hält ihn dort an der Ecke, während auf der anderen Seite der Rahmen nur bis zur Hälfte reicht. An der hinteren Seite befindet sich die Höhen-Korrektionsschraube unten an der Seite mit der ganzen Fassung, während die andere Stellschraube für den Index an der anderen Seite am Ende der Fassung in halber Höhe des Spiegels sitzt. Die vordere Seite wird wieder durch eine federnde Lamelle gehalten.

Um den Horizont möglichst frei beobachten zu können, giebt es auch kleine Spiegel, bei denen nur die untere Hälfte in einer Fassung ist, so dass die obere unbelegte Hälfte ganz frei dasteht. Die Stellschraube für den Index ist dabei wie bei der vorhergehenden Aufstellung an der Seite in halber Höhe des Spiegels, während die Höhe durch Verstellen des ganzen Rahmens geändert werden kann. Dieses Verstellen kann durch ein oder zwei Schrauben geschehen, welche die Fussplatte festhalten, und der vorderen und hinteren Spiegelfläche gegenüberstehen. Dabei ruht die Platte noch auf zwei Punkten (Schraubenspitzen) des Körpers auf, die unterhalb der Fussplatte an den beiden Enden des kleinen Spiegels sich befinden. Um diese Linie kann also der Spiegel durch Heben und Senken der erwähnten Schrauben gekippt und dadurch in Höhe verstellt werden.

Manchmal ist der untere Theil der Spiegelfassung zylindrisch, um welche Fläche diese gedreht, also der Spiegel gestellt werden kann. Bei älteren Instrumenten kommt es vor, dass der Spiegelrahmen bei dieser Art der Korrektion nicht mehr genügend fest sitzt, so dass dann der Spiegel in Höhe nicht mehr unveränderlich ist. In einem solchen Falle muss die Aufstellung des kleinen Spiegel durch einen Mechaniker erneuert werden.

Eine andere Art der Höhenkorrektion ist derart beschaffen, dass an dem kleinen Spiegel eine zylindrische Axe in etwa einem Drittel seiner Höhe angebracht ist, die in einem festen Lager ruht, während sich an der Spiegelfassung unten ein Ansatzstück befindet, gegen welches eine oder zwei Korrektionsschrauben pressen, durch welche die Verstellung vorgenommen wird. Die Indexkorrektion wird dabei wieder durch eine seitlich angebrachte Schraube bewirkt, welche direkt den Spiegel verstellt.

Sitzt der ganze Spiegel fest im Rahmen, so ist auch die Vorrichtung zur Bewegung im Azimut an der Fussplatte angebracht. Es legt sich dabei ein nasenförmiger Ansatz, der sich an der unteren Platte befindet, an zwei tangential liegende Schräubchen an, deren Lager sich am Sextantenkörper befinden. Durch Lösen der einen Schraube und Anziehen der anderen wird der Spiegel um eine Axe senkrecht zur Limbusebene gedreht und damit der Index verstellt.

Bei englischen hölzernen Sextanten wird zuweilen die Azimutbewegung durch einen langen Hebelarm bewerkstelligt, dessen Drehpunkt ziemlich weit vom Spiegel entfernt ist. Durch Lösen der Schraube im Drehpunkt kann der Hebel leicht verstellt werden, wodurch der nach der Fussplatte gehende Arm gedreht und damit der Spiegel im Azimut verändert wird. In Höhe wird dabei die Fussplatte durch eine Schraube von unten gehoben oder gesenkt und damit die Spiegelfläche geneigt.

Die Korrektionsschrauben sind ähnlich wie beim grossen Spiegel, theils frei stehend, theils in einer Vertiefung versenkt oder durch eine Kapsel geschützt. In den beiden letzten Fällen sind sie vor Veränderungen durch äussere mechanische Einflüsse mehr gesichert, als im ersteren Fall. Beim Gebrauch der Korrektionsschrauben ist darauf zu sehen, dass die Spiegelfläche keine starken Pressungen erleidet, da sonst schlechte Bilder erzeugt werden. Wird die Korrektion durch zwei einander gegenüberstehende Stellschrauben dadurch bewirkt, dass die eine gelöst und die andere um ebensoviel angezogen werden muss, so ist das Verstellen sehr gleichmässig und vorsichtig auszuführen, wenn nicht Spannungen und Pressungen entstehen sollen, die sich später leicht auslösen und die Aufstellung verändern. Es ist daher die Anwendung dieser Einrichtung nicht besonders zu empfehlen. Am besten hat sich das Anbringen der Stellschrauben an der hinteren Fläche des Spiegelrahmens bewährt, wobei die vordere Fläche des Spiegels durch eine elastische Metalllamelle gehalten wird.

Ist der grosse Spiegel auf die Ebene des Sextanten senkrecht gestellt, so lässt sich die Stellung des kleinen Spiegels leicht prüfen und gegebenen Falls berichtigen, d. h. parallel zum grossen Spiegel bringen. Beobachtet man nämlich einen scharf begrenzten, entfernten Gegenstand, wozu sich ein gutbeleuchtetes terrestrisches Objekt oder die Sonne oder auch ein heller Stern eignet, so soll in der Nähe der Nullstellung

Digitized by Google

der Alhidade das direkt gesehene Bild mit dem reflektirten Bild vollständig zur Deckung gebracht werden können. Gehen aber bei der Bewegung der Alhidade die beiden Bilder nebeneinander vorbei, so bringe man sie durch Bewegung der Alhidade so nahe als möglich an einander und ändere die Korrektionsschrauben in Höhe so lange, bis die beiden Bilder zur Deckung gebracht sind. Ist dieses erreicht, so steht der kleine Spiegel parallel dem grossen und damit auch senkrecht auf der Sextantenebene.

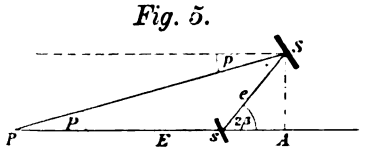
Bei der Untersuchung der Sextanten auf dem Prüfungsapparat der Seewarte wird die Ebene des Sextanten horizontal gestellt und ein entferntes terrestrisches Objekt (Thurm u. dgl.) eingestellt. Stellt man dann die Alhidade auf 0°, so lässt sich der kleine Spiegel leicht in Höhe richtig stellen. Ebenso wird der Indexfehler berichtigt, indem man an der Korrektionsschraube so lange stellt, bis das reflektirte Bild des anvisirten Objektes genau mit dem direkt gesehenen sich deckt. Die nämliche Methode kann man natürlich von jedem anderen festen Aufstellungspunkt aus anwenden.

Auf See verwendet man den Meereshorizont, indem man das Instrument vertikal hält, die Horizontlinie anvisirt und durch Bewegung der Alhidade das direkt gesehene Bild mit dem reflektirten zur Deckung bringt. Dann dreht man den Sextanten bis dessen Ebene nahezu horizontal ist. Decken sich in dieser Lage noch beide Bilder, so steht der kleine Spiegel senkrecht auf der Sextantenebene, sind die Bilder aber getrennt, so bringt man sie durch die Höhen-Korrektionsschraube des kleinen Spiegels zur Deckung, wonach dieser die richtige Stellung einnimmt.

Wenn der grosse und kleine Spiegel einander parallel sind, so soll der Nonius der Alhidade auf Null zeigen. Es ist dies diejenige Stellung, bei welcher das direkt gesehene Bild eines entfernten Gegenstandes mit seinem reflektirten Bilde sich vollständig deckt. Fällt der Nullstrich des Nonius in diesem Falle nicht mit dem Nullstrich der Limbustheilung zusammen, so ist ein Indexfehler vorhanden, um dessen Betrag alle Winkelmessungen unrichtig werden. Durch die seitlich wirkenden Korrektionsschrauben an dem kleinen Spiegel kann dieser Fehler beseitigt werden. Da es aber nicht rathsam ist, die Korrektionsschrauben oft zu verstellen, so genügt es, wenn der Indexfehler nicht gross ist. Er ist daher bei jeder Messungsreihe in der bekannten Weise (z. B. aus Sonnenbeobachtungen) zu bestimmen und bei den Beobachtungen zu berücksichtigen. Die Indexkorrektion ist positiv, wenn der Nullstrich des Nonius rechts vom Nullstrich des Gradbogens steht, dagegen negativ, wenn er sich links davon befindet.

Bei den vorstehenden Betrachtungen ist immer stillschweigend die Voraussetzung gemacht, dass die Gegenstände weit vom Sextanten entfernt sind, also die von demselben Objekt kommenden Lichtstrahlen als parallel auf beide Spiegel fallend angesehen werden können. Ist jedoch das direkt anvisirte Objekt nahe, so fällt die Visirrichtung nicht mit der Richtung vom Objekt nach dem grossen Spiegel zusammen, welcher Winkel auf dem Kreise gemessen wird. Die Indexkorrektion wird daher in einem solchen Fall unrichtig und zwar um diejenige Winkelgrösse, unter welcher die senkrechte Entfernung des Spiegelmittelpunktes von der Fernrohraxe vom anvisirten Objekt aus gesehen wird, welchen Winkel man Parallaxe (p) nennt.

Fig. 5.



Bezeichnet S den grossen und s den kleinen Spiegel (*Fig. 5*), e die Entfernung beider Spiegel, E die Entfernung des kleinen Spiegels vom anvisirten Punkt P, wobei sP die Richtung der Fernrohraxe andeutet. Sei ferner SA senkrecht Ps, so wird

$$tg\, p = \frac{e \,.\, sin\, 2\beta}{E + e\, cos\, 2\beta} = \frac{e}{E} \cdot sin\, 2\beta - \frac{e^2}{2E^2} sin\, 4\beta + \ldots$$

worin β zugleich den oben genannten Schärfungswinkel bedeutet.

In der Praxis ist die Entfernung E des beobachteten Gegenstandes immer gegenüber den Dimensionen des Sextanten gross, somit der Winkel p sehr spitz. Ebenso ist e, das meist zwischen 40 und 50 mm beträgt und wohl nie 100 mm erreicht, im Vergleich zu E klein, weshalb man das quadratische Glied in der obigen Entwicklung vernachlässigen und sich auf das erste Glied beschränken kann. Dann hat man:

$$tg\, p = \frac{e}{E} \cdot sin\, 2\beta.$$

Digitized by Google

Für $\beta = 15°$ und $e = 40$ mm bezw. 45 mm erhält man die folgenden Winkelwerthe von p:

E	p	
	für $e = 40$ mm	für $e = 45$ mm
10 m	13′ 39″	15′ 28″
100	1 22	1 33
500	0 16	0 19
1000	0 8	0 9
2000	0 4	0 5
10000	0 0.8	0 1

Es ergiebt sich daraus, dass im allgemeinen die Entfernung eines Gegenstandes von nicht ganz 1000 m genügt, um die Parallaxe vernachlässigen zu können. Bei Winkelmessungen zwischen zwei terrestrischen Objekten ist daher darauf zu achten, dass das direkt einvisirte nicht zu nahe liegt, während die Entfernung des anderen Objektes, dessen Bild zweimal reflektirt wird, also vom grossen Spiegel kommt, gleichgültig ist, da die Strahlen von diesem direkt nach dem Mittelpunkt des Kreises gerichtet sind. Die Parallaxe lässt sich übrigens auch in der Weise eliminiren, dass man bei der Messung eines Winkels, dessen linker Schenkel nach einem nahen Ziele zeigt, dessen direkt gesehenes Bild mit dem vom grossen Spiegel reflektirten zur Deckung bringt, die Kreisstellung abliest (d. h. also die Indexkorrektion bestimmt) und dann den Winkel misst. Die Differenz der beiden Ablesungen giebt den gesuchten Winkel, befreit von der Parallaxe.

Auf dieser Eigenschaft beruht auch die Möglichkeit, den Sextanten als Entfernungsmesser zu verwenden, indem man bei bekannter Indexkorrektion ein Objekt einvisirt, die beiden Bilder zur Deckung bringt und den Kreis abliest. Wegen der kleinen Entfernung e der beiden Spiegel ist aber, abgesehen von anderen Unzuträglichkeiten, die Anwendbarkeit nur auf geringe Distanzen beschränkt und daher in der Praxis kaum von Bedeutung. Dagegen beruhen auf dem gleichen Prinzip eine Anzahl Distanzmesser, bei welchen aber, wie beim Sextanten, die zu erreichende Genauigkeit mit zunehmender Entfernung sehr rasch abnimmt.

Bei den Winkelmessungen wird vorausgesetzt, dass der kleine Spiegel senkrecht zur Sextantenebene steht. Ist er um einen kleinen Winkel k gegen die Normale auf der Instrumentenebene geneigt, während der grosse Spiegel und die Fernrohraxe ihre richtige Stellung haben, dann schliessen die Ebenen, in welchen die zur Sextantenebene parallelen Lichtstrahlen liegen, die vom grossen nach dem kleinen Spiegel reflektirt werden, mit dem Lothe des kleinen Spiegels auch den Winkel k ein. Die Strahlen also, welche vom grossen Spiegel kommen und vom kleinen Spiegel reflektirt werden, liegen dann in Ebenen, welche durch diese Strahlen und die betreffenden Normalen auf den kleinen Spiegel gehen. Es schliessen daher die vom kleinen Spiegel reflektirten Strahlen mit der Sextantenebene den Winkel $2k$ ein. Der kleine Spiegel steht nun auch nicht senkrecht zum Fernrohr, sondern ist um den Schärfungswinkel β gegen dessen Axe geneigt. Es müssen also die im Fernrohr beobachteten Strahlen in Ebenen liegen, die gegen die Normale des kleinen Spiegels unter dem Winkel β geneigt sind. Nennen wir den Neigungswinkel, den die nach dem Fernrohr reflektirten Strahlen mit der Sextantenebene bilden, k', so wird

$$tg\, k' = tg\, 2k \,.\, cos\, \beta \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

Da aber k' und k kleine Winkel sein sollen, so kann man näherungsweise

$$k' = 2k \,.\, cos\, \beta \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

setzen.

Ist nun v' der wahre Winkel zwischen zwei beobachteten Punkten und v der am Kreis abgelesene Winkel, so bilden die drei Winkel k', v, v' ein rechtwinkliges sphärisches Dreieck, in welchem k' und v die Katheten und v' die Hypothenuse sind. Es ist daher:

$$cos\, v' = cos\, v \,.\, cos\, k' \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

Die gesuchte Winkelverbesserung $f'' = v' - v$ lässt sich somit aus dieser Formel leicht berechnen. Da k' konstant ist, so ändert sich v' nur mit der Grösse des beobachteten Winkels v. Für $v = 90°$ wird $cos\, v$ Null, also der Fehler Null. Für $v = 0°$ ist $cos\, v$ Eins, also $cos\, v' = cos\, k'$ oder die Verbesserung $f''' = k'$. Es schwankt also der durch die Neigung des kleinen Spiegels hervorgerufene Fehler zwischen 0 und dem Neigungswinkel der reflektirten Strahlen. Der Fehler ist für die kleinen Winkel am grössten und verschwindet für Winkel bei 90° ganz.

Digitized by Google

Um einen Anhaltspunkt über den Einfluss der Neigung des kleinen Spiegels auf die Winkelmessungen zu haben, möge die nachstehende kleine Tabelle dienen, für deren Berechnung der Schärfungswinkel $\beta = 15°$ angenommen wurde.

Beobachteter Winkel	$k = 1'$	$k = 3'$	$k = 5'$	$k = 10'$	$k = 20'$
30′	3″.7	33″.6	93″.3	373″.2	1492″.8
1°	1.9	16.8	46.6	186.6	746.4
2°	0.9	8.4	23.3	93.3	373.2
3°	0.6	5.6	15.5	62.2	248.8
4°	0.5	4.2	11.6	46.7	186.1
5°	0.4	3.3	9.3	37.3	149.3
10°	0.2	1.7	4.7	18.7	74.6

Aus dieser Tabelle geht hervor, dass die Neigung des kleinen Spiegels ziemlich gross sein muss, wenn sie auf die Beobachtung selbst von kleinen Winkeln von schädlichem Einfluss sein soll. Da in der Praxis aber Winkel unter 10° nicht sehr häufig vorkommen und für grössere Winkel der Einfluss rasch abnimmt, so ist im allgemeinen aus diesem Grunde eine starke Fehlerquelle auf die Messungen nicht zu befürchten. Ueberdies ist es leicht, den Spiegel etwa innerhalb 1′ senkrecht zur Sextantenebene zu stellen, in welchem Falle die Winkelmessungen auch von kleinen Winkeln nicht leiden.

Fernrohr.

Gegenüber dem kleinen Spiegel befindet sich auf dem äussersten Radius des Sextantenkörpers ein Ring, der die Visirvorrichtung trägt. Diese kann entweder ein Diopter oder ein Fernrohr sein. Bei Oktanten namentlich älterer Konstruktion besteht das Diopter vielfach aus einer kreisförmigen Platte, in dessen Mittelpunkt sich ein kleines Loch befindet, welches vor den Ring geschoben werden kann. Statt dessen wird auch gewöhnlich nur ein einfaches Rohr (Durchsicht) in Gestalt eines Fernrohrs ohne Linsen verwendet, dessen Länge etwa 80 mm beträgt und das an Stelle des Objektivs eine Oeffnung von 10 bis 12 mm und des Okulars eine solche von 1 bis 5 mm besitzt. Es ist besser, wenn diese Oeffnung nicht zu gross ist, etwa 2 bis 3 mm dürften am geeignetsten dafür sein. Für genauere Beobachtungen verwendet man jedoch allgemein Fernrohre. Dabei sind die Sextanten mit einem astronomischen (umgekehrtes Bild) und einem terrestrischen (aufrechtes Bild) Fernrohr ausgerüstet; die Oktanten und Halbsextanten dagegen nur mit einem terrestrischen Fernrohr.

Das astronomische (Keplersche) Fernrohr besitzt gewöhnlich eine Objektivöffnung von etwa 17 mm und hat eine Länge (Brennweite) von 180 bis 200 mm. Die Vergrösserung des Okulars ist im Durchschnitt 6- bis 8-fach, manchmal findet man auch schwächere Vergrösserungen, oder es sind zwei Okulare beigegeben, von denen das eine 5- bis 7mal und das andere 9- bis 12mal vergrössert. Das astronomische Fernrohr hat gewöhnlich ein Fadennetz mit vier sich rechtwinklig schneidenden Fäden, die vom Mittelpunkt gleichweit abstehen.

Das terrestrische (Galiläische) Fernrohr ist von gleicher Objektivöffnung wie das astronomische. Seine Vergrösserung beträgt dagegen nur $2^1/_2$ bis 5. Für Nachtbeobachtungen wird jetzt häufig ein sog. Sternfernrohr mitgegeben, dessen Objektivöffnung mit etwa 37 mm doppelt so gross ist, als die der anderen Fernrohre. Seine Vergrösserung ist dreifach. Das Fernrohr hat durch das grössere Objektiv und die schwächere Vergrösserung eine bedeutende Lichtstärke, weshalb es zu Beobachtungen von Sternen in der Dämmerung oder bei Mondschein sich auch besonders eignet.

Sollen die Beobachtungen sicher und leicht ausgeführt werden können, so muss das Fernrohr gut konstruirt und das Objektiv eine genügend grosse Oeffnung haben. Diese beiden Bedingungen sind in unseren Fällen fast immer erfüllt, besonders ist die Objektivöffnung bei fast allen Fabrikanten die gleiche.

Das Objektiv besteht aus einer achromatischen Linse, die in der Mehrzahl aus einem doppelt konvexen Kronglase und einem konkavplanen Flintglase zusammengesetzt ist. Betrachtet man das von einer solchen Linse kommende Bild mit einem einfachen doppelt konvexen Okular, so hat man ein einfaches astronomisches Fernrohr, in welchem die Bilder umgekehrt erscheinen. Das einfache Okular hat den Fehler der chromatischen und der sphärischen Abweichung, welche von der Farbenzerstreuung bei der Brechung der Lichtstrahlen

Digitized by Google

und von der fehlerhaften Kugelgestalt der Linse herrühren. Beide Fehler können durch Verwendung zusammengesetzter Okulare aufgehoben werden. Bei Sextanten wird daher gewöhnlich ein aus zwei plankonvexen Linsen zusammengesetztes Okular verwendet, welches, wie das einfache Okular, den Gegenstand verkehrt darstellt. Die Zusammensetzung kann auf verschiedene Weise geschehen, auf welche einzugehen hier jedoch zu weit führen würde.

Um bei dem terrestrischen Fernrohr das Bild eines Gegenstandes aufrecht darzustellen, sind mindestens drei Okularlinsen erforderlich. Gewöhnlich werden jedoch vier plankonvexe Linsen verwendet, welche sowohl zur Aufhebung der sphärischen und chromatischen Abweichung dienen, als auch um das durch die Objektivlinse umgekehrte Bild in die aufrechte Lage zurückzubringen.

Das Gesichtsfeld dieser vierfachen terrestrischen Okulare ist nie vollständig eben, sondern es erscheint ein durch ein solches Okular gesehenes Bild an den Rändern etwas gewölbt und verzogen. Dieser Uebelstand veranlasst daher, die Grösse des Gesichtsfeldes zu beschränken, weshalb dieses durch eine Blende zwischen den Linsen begrenzt wird.

Die Breite des Okulars ist stets grösser, als die zum Durchgang der Strahlen nöthige Oeffnung, da die Fassung etwas wegnimmt. Um die ganze Breite oder Oeffnung einer Linse von derjenigen zu unterscheiden, welche zum Durchgang der Strahlen nothwendig ist, nennt man letztere auch die nützliche Oeffnung.

Andere Okularsysteme, denen die angegebenen Mängel nicht anhaften, werden bei den Spiegel-Instrumenten nicht gebraucht.

Ein gutes Fernrohr muss eine seinem Zwecke entsprechende Vergrösserung, ein genügend grosses Gesichtsfeld und eine hinreichende Helligkeit haben.

Die Vergrösserung ist diejenige Zahl, welche angiebt, wie oft der Winkel, unter welchem ein Gegenstand in einer gewissen Entfernung gesehen wird, in dem Winkel enthalten ist, unter welchem er durch das Fernrohr gesehen erscheint. Sie wird an der Seewarte gewöhnlich dadurch bestimmt, dass man die Theilung eines Maassstabes, bei welchem die einzelnen Abtheilungen 10 cm gross sind, in einer Entfernung von etwa 18 m mit dem einen Auge direkt und mit dem anderen gleichzeitig im Fernrohr betrachtet und abzählt, wieviel Maassstabtheile im Fernrohr auf einen direkt gesehenen gehen, welche Zahl die lineare Vergrösserung angiebt.

Eine andere, sehr einfache und genaue Methode besteht darin, dass man das Fernrohr auf Unendlich einstellt. Richtet man es dann nach dem Firmament, so erscheint das Bild des Objektivs auf dem Okular. Lässt man dieses auf ein weisses oder besser auf ein geöltes Papier fallen, so findet man durch einige Versuche leicht, in welcher Entfernung des Papiers vom Okular der helle Kreis am deutlichsten erscheint. Das Verhältniss seines Durchmessers zum Durchmesser des Objektivs giebt unmittelbar die Vergrösserung des Fernrohrs bezw. seines Okulars an. Ist also der Objektivdurchmesser O mm und derjenige des hellen Kreises k mm, so ist die Vergrösserung

$$G = \frac{O}{k}$$

Zu genaueren Messungen des hellen Kreises dient das Dynamometer, das aus einer dünnen durchsichtigen Hornplatte besteht, auf welcher eine feine Maassstabtheilung gezogen ist. Die Einstellung geschieht dabei mit der Lupe. Für kleinere Fernrohre und schwache Vergrösserungen, wie sie bei Sextanten vorkommen, genügt das Abmessen des hellen Kreises mit einem Millimeter-Maassstabe vollständig.

Die Grösse des Gesichtsfeldes oder der Raum, welcher durch das Fernrohr auf einmal übersehen wird, hängt davon ab, wieviele derjenigen Strahlen, welche von den äussersten Punkten des Gegenstandes kommen und durch den Mittelpunkt des Objektivs gehen, noch vom Okular aufgefangen werden. Die Grösse dieses Winkels hängt von der Grösse der Okularlinse ab, welche innerhalb mässiger Grenzen gehalten werden muss, weil sonst die vom Objektiv kommenden Strahlen nicht mehr genügend in eine Ebene fallen. Man kann die Grösse des Gesichtsfeldes sehr einfach direkt messen, wenn man am Sextanten die Entfernung zweier an den Enden des Gesichtsfeldes liegenden Gegenstände bestimmt. Ausserdem kann man bei bekannter Entfernung die oben angegebene Methode der Bestimmung der Vergrösserung verwenden, wenn die Skala genügend gross ist, um das ganze Gesichtsfeld auszufüllen. Die Tangente des halben Winkels ist nämlich gleich der Hälfte der das Gesichtsfeld erfüllenden Dezimeter dividirt durch den Abstand des Beobachters im gleichen Maasse (Dezimetern). Bei den meisten astronomischen und terrestrischen Sextantenfernrohren ist das Gesichtsfeld zwischen $1\frac{1}{2}°$ und $2°$

Digitized by Google

Die Helligkeit ist die mehr oder minder starke Erleuchtung des durch das Fernrohr dargestellten Bildes. Sie hängt von der Oeffnung des Objektivs und der Vergrösserung des Okulars ab. Bei der nämlichen Vergrösserung wächst die Helligkeit mit dem Quadrate des Durchmessers des Objektivs. Bei der gleichen Objektivöffnung dagegen nimmt die Helligkeit des Bildes im Fernrohr mit zunehmender Vergrösserung ab, und zwar im Verhältniss der vergrösserten Fläche, also auch im Verhältniss des Quadrats der Vergrösserungszahl. Je stärker ein Gegenstand vergrössert wird, desto mehr wird das von ihm ausgehende Licht auf eine grössere Fläche verbreitet, desto schwächer wird daher das Licht an jedem einzelnen Punkt.

Bezeichnet d den Durchmesser der Pupille des menschlichen Auges und k den oben erwähnten Durchmesser des vom Objektiv erzeugten hellen Kreises vor dem Okular, so verhält sich die Lichtmenge, welche auf das Objektiv auffällt zu jener, welche durch das Okular in die Pupille tritt, wie

$$d^2 : k^2$$

oder die mit dem blossen Auge gesehene Helligkeit des Gegenstandes verhält sich zu der durch das Fernrohr gesehenen Helligkeit wie $d^2 : k^2$ oder wie

$$d^2 : \frac{O^2}{G^2}$$

wenn O wie oben den Objektiv-Durchmesser und G die Vergrösserung bezeichnen. Folglich ist die Helligkeit durch das Fernrohr

$$H = \frac{O^2}{G^2 d^2}$$

Die Grössen O und G bleiben beim nämlichen Instrument unverändert, dagegen ändert sich der Pupillendurchmesser nach der Stärke des Lichts. Im allgemeinen kann man 1.6 mm dafür annehmen und erhält damit für die Helligkeit der Sextantenfernrohre H etwa 2 bis 3.

Die Prüfung der Fernrohre geschieht nach den Angaben von Fraunhofer am besten dadurch, dass man auf eine weisse Fläche regelmässige geometrische Figuren, wie Kreise, Quadrate u. dgl. von etwa 10 bis 50 mm Durchmesser schwarz zeichnet und sie in mässiger Entfernung von 50 bis 100 m bei guter Beleuchtung betrachtet. Beim Ankauf eines neuen Instrumentes kann man z. B. auch die schwarzen Buchstaben auf weissem Grunde von Firmenschildern einstellen. Erscheinen die Figuren alsdann in regelmässiger Gestalt, scharf und gleichmässig geschwärzt, so ist das Fernrohr gut, erscheinen sie dagegen schlecht begrenzt, verkrümmt mit farbigen Rändern, so lässt es zu wünschen übrig. In den kleinen bei Sextanten gebrauchten Fernrohren müssen die Bilder vollkommen klar und ohne jeden Farbensaum sein.

Die bei der Seewarte geprüften Fernrohre der Reflexionsinstrumente gaben nur selten zu Bemerkungen Anlass. Nur ausnahmsweise waren z. B. die Blenden nicht richtig angebracht oder der optische Theil mangelhaft. Einigen Fernrohren waren zu starke Vergrösserungen beigegeben.

W. E. Plummer macht in der englischen Zeitschrift „Nature“, Bd. 61, S. 54, den Vorschlag, an Stelle des gewöhnlichen Sextantenfernrohrs ein Goerz'sches Prismen-Binokel zu setzen, wodurch ein grösseres und helleres Gesichtsfeld bei aufrechtstehenden Bildern erhalten wird.

Der Fernrohrträger.

Der Gewindering für das Fernrohr ist bei den Oktanten und Halbsextanten fest und unveränderlich am Sextantenkörper befestigt und muss vom Mechaniker so konstruirt sein, dass die Axe des Fernrohrs parallel der Sextantenebene ist. Bei den Sextanten dagegen ist er in einem zweiten Ringe mit einander gegenüberstehenden Schrauben (oben und unten) befestigt, mit welchen die Axe des Fernrohrs genau parallel der Limbusebene gestellt werden kann. Um die Helligkeit der beiden Bilder ändern und sie mehr gleich hell machen zu können, lässt sich ausserdem der ganze Fernrohrträger mittelst einer Stellschraube genau senkrecht auf und nieder bewegen. Zu diesem Zwecke wird der Gewindering mit seinem Schaft in einer Büchse gehalten. Der Schaft kann vierkantig, dreikantig oder rund sein. In letzterem Falle ist an seinem oberen Theil ein kleiner zapfenförmiger Ansatz, welcher in eine Nuth der Büchse eingreift, um das Fernrohr an einer Drehung zu verhindern. Bei älteren Instrumenten kommt es häufig vor, dass der Fernrohrträger in der Büchse nicht mehr ganz fest sitzt, namentlich in azimutalem Sinne beweglich ist. Dies ist auf die Beobachtungen ohne Einfluss; ist aber auch eine Bewegung in Höhe vorhanden, so muss die Führung wegen der dadurch entstehenden Ungenauigkeit bei den Messungen vom Mechaniker reparirt werden.

Digitized by Google

Das Lockerwerden der Befestigung des Fernrohrträgers wird bei einigen Instrumenten auf folgende Weise zu vermeiden gesucht. In der am Sextantenkörper festsitzenden, 15 mm breiten und 40 mm hohen Platte des Fernrohrträgers, die zur Sextantenebene senkrecht steht, ist eine prismatische Nuth und parallel mit derselben eine Fläche eingefräst. Das bewegliche Stück des Trägers hat ein hervorspringendes Prisma, welches in die Nuth passt, sowie eine entsprechende Fläche. Durch eine unten angebrachte Schraube kann der bewegliche Theil auf und nieder bewegt werden. Eine Klemmschraube verhindert, dass die beiden Theile auseinanderklappen und dient ausserdem dazu, den Fernrohrträger, wenn er in Höhe eingestellt ist, feststellen zu können. Die Verwendung zweier Schrauben erschwert etwas das schnelle Verstellen in Höhe, während dagegen das Lockerwerden gänzlich ausgeschlossen ist.

Das Gewinde, in welches das Fernrohr eingeschraubt wird, sitzt bei den Sextanten in einem Ringe, welcher oben und unten durch eine Schraube justirbar ist, um die Axe des Fernrohrs parallel der Limbusebene stellen zu können. Die Prüfung dieser Stellung kann in der folgenden Weise geschehen. Man setzt den Sextanten auf einen Untersatz (Platte mit drei Fussschrauben) und macht die Limbusebene mittelst einer auf den Kreis gesetzten Libelle durch die Schrauben des Gestelles horizontal. Setzt man dann eine Dosenlibelle auf das Rohr des Fernrohrs, so muss sie bei richtiger Lage des Fernrohrs einspielen. Ist dies nicht der Fall, so wird durch die beiden Korrektionsschrauben am Gewinderinge die Parallelität hergestellt. Bei dieser Methode wird vorausgesetzt, dass das Rohr genau zylindrisch gedreht ist und dessen Axe mit der der optischen Axe zusammenfällt bezw. parallel ist, welche Annahme innerhalb kleiner Grenzen im allgemeinen gerechtfertigt ist.

Ein anderes Verfahren besteht darin, dass man auf die Ebene des Sextanten die vielen Instrumenten beigegebenen beiden Diopter so setzt, dass eine durch die Mitte der Diopter gedachte Linie parallel dieser Ebene ist. Dabei wird das Okulardiopter neben das Fernrohr und das Objektivdiopter neben den kleinen Spiegel gestellt. Visirt man nun nach einem so weit entfernten scharf begrenzten Gegenstand, dass der Unterschied in der Höhe der Diopter gegen die Höhe der Visirlinien nicht in Betracht kommt, so muss alsdann dieser Gegenstand auch in der Mitte des Fernrohrs erscheinen, wenn die Visirlinie desselben parallel der Limbusebene sein soll.

Genauer ist die folgende Methode. Man drehe den Okular-Auszug so, dass zwei Fäden des Fadenkreuzes nahe parallel mit der Sextantenebene stehen. Hierauf bringe man die Bilder zweier scharf begrenzten Objekte (Sonne, Mondes, heller Sterne u. dgl.), die wenigstens um 90° von einander abstehen, an den unteren Faden zur genauen Berührung und dann durch Verstellen des Sextanten dieselben Objekte an den oberen Horizontalfaden. Bleibt an ihm die Berührung der Bilder gleich, so steht das Fernrohr richtig; trennen sich aber an dem zweiten Faden die Ränder der Bilder, so liegt das Objektivende des Fernrohrs der Sextantenebene näher, als das Okularende; decken sich dagegen die Ränder der Bilder, so ist die Neigung entgegengesetzt.

Eine andere von Gruey gegebene Methode ist oben (Seite 15) bereits mitgetheilt; ausserdem ist noch auf einen hierfür angegebenen Apparat von E. Kayser hinzuweisen.*)

Bei neuen Instrumenten ist das Fernrohr durch den Mechaniker wohl fast immer richtig gestellt, bei älteren dagegen ist öfter zu kontrolliren, ob keine Aenderungen stattgefunden haben.

Um zu sehen, welchen Einfluss eine etwa vorhandene Neigung des Fernrohrs auf die Winkelmessungen hat, kann man die folgenden Betrachtungen anstellen. Stehen die beiden Spiegel zur Sextantenebene senkrecht und ist die Fernrohraxe parallel dazu, so geht ein beobachteter Lichtstrahl in einer Ebene, die parallel zur Limbusebene liegt. Ist dagegen das Fernrohr um den Winkel i gegen diese Ebene geneigt, so wird ein reflektirter Lichtstrahl beobachtet, der in einer Ebene verläuft, die um den gleichen Winkel i gegen den kleinen und den grossen Spiegel geneigt ist. Man liest daher an der Kreistheilung einen grösseren Winkel w ab, als der gesuchte Winkel w' beträgt und erhält damit einen Fehler

$$w - w' = f'$$

Der gemessene Winkel ist ein zur Sextantenebene schief liegender Winkel, er ist also auf sie zu projiziren. Man erhält daher ein sphärisches Dreieck mit der Seite w, dem gegenüberliegenden Winkel w' und

*) E. Kayser: „Ueber die Bestimmung der Fehler des Spiegelsextanten". Schriften der Naturforsch. Gesellschaft in Danzig, N. F., VIII., 1. Heft 1892.

Digitized by Google

den beiden ihn einschliessenden Seiten $90 - i$. Wendet man auf dieses den Cosinussatz der sphärischen Trigonometrie an, so erhält man

$$\cos w = \sin^2 i + \cos^2 i \cos w' \quad \ldots\ldots (1)$$

aus welcher durch einfache Umformung

$$\sin \frac{w}{2} = \cos^2 i \,.\, \sin \frac{w'}{2} \quad \ldots\ldots (2)$$

erhalten wird und damit w' und $f' = w - w'$ berechnet werden kann. Man findet aber $w - w'$ noch direkt aus der Gleichung (1) wie folgt:

$$\cos w - \cos w' = 2 \,.\, \sin^2 i \sin^2 \frac{w}{2}$$

ferner

$$\cos w - \cos w' = 2 \,.\, \sin \frac{w' + w}{2} \cdot \sin \frac{w' - w}{2}$$

also

$$\sin^2 i \,.\, \sin^2 \frac{w'}{2} = \sin \frac{w + w'}{2} \cdot \sin \frac{w - w'}{2}$$

Da nun w und w' sich immer nur um wenig von einander unterscheiden, so kann man für $\frac{1}{2}(w + w')$ bezw. für $\frac{1}{2} w'$ setzen w und $\frac{1}{2} w$. Dann wird in genügender Annäherung

$$\sin \frac{w - w'}{2} = \frac{1}{2} \sin^2 i \, tg \frac{w}{2} \quad \ldots\ldots (3)$$

Da nun hinwiederum $w - w'$ und i kleine Winkel sind, die man ihren Sinussen proportional setzen darf, so hat man

$$f' = w - w' = i^2 \, tg \frac{w}{2} \sin 1'' \quad \ldots\ldots (4)$$

welcher Ausdruck für alle vorkommenden Werthe gültig ist. Ist w nahe gleich 180° so muss die strenge Formel (2) genommen werden.

Die Verbesserung f' erhält man in der gleichen Einheit, welche für die Neigung i angenommen ist. Beträgt also z. B. $i = 20' = 1200''$ und ist der abgelesene Winkel $w = 30°$, so wird $f' = 1''.9$ und somit der gesuchte Winkel $w' = 29°59'58''.1$.

Die folgende Tabelle giebt einen Ueberblick über die Verbesserungen der gemessenen Winkel wegen der Neigung des Fernrohrs.

Beobachteter Winkel	Neigung des Fernrohrs gegen die Sextantenebene				
	5′	10′	20′	30′	40′
10°	0″.0	0″.2	0″.6	1″.4	2″.4
20	0.1	0.3	1.2	2.8	4.9
30	0.1	0.5	1.9	4.2	7.5
40	0.2	0.6	2.5	5.7	10.2
50	0.2	0.8	3.2	7.3	13.1
60	0.3	1.0	4.0	9.1	16.1
70	0.3	1.2	4.9	11.0	19.6
80	0.4	1.4	5.8	13.2	23.5
90	0.5	1.7	6.9	15.7	28.0
100	0.6	2.0	8.3	18.7	33.3
120	0.8	3.0	12.0	26.8	48.4

Man erkennt daraus, dass selbst eine Neigung des Fernrohrs von fast $^1/_3°$ noch fast unmerklich auf die Messung ist. Aber auch durch die oben gegebenen einfachen Methoden ist eine grössere Genauigkeit in der Justirung möglich, während kleine Aenderungen durch Temperaturwechsel u. dgl. völlig zu vernachlässigen sind. Beträgt der Abstand des Okulars vom Gewindering beispielsweise 60 mm (terrestrisches Fernrohr) bezw. 110 mm (astronomisches Fernrohr), so liegt das Okular tiefer als der Ring bei einer Neigung von 10′, 20′ resp. 30′ um 0.2, 0.35, 0.5 mm im ersteren Fall und um 0.3, 0.6 und 1.0 mm im zweiten Falle, also um Grössen, die ein einigermaassen guter Mechaniker leicht innehalten kann.

Digitized by Google

Bei den vorstehenden Fehlerbetrachtungen sind jeweilen die einzelnen Fehler für sich allein untersucht und ihr Einfluss auf die Messungen angegeben worden. Eine Ableitung der allgemeinen Formel, welche alle Fehler gleichzeitig berücksichtigt, ist unter anderem in dem mehrfach erwähnten Aufsatze von Eylert „Der Sextant" nachzusehen. Die hier abgeleiteten Formeln sind als Spezialfälle in dieser enthalten. Sie sind aber gerade die wichtigeren, weil sie zeigen, welche Ansprüche an ein Instrument gestellt werden müssen, um es für die Praxis als fehlerfrei betrachten zu können. Ausserdem erkennt man aus ihnen, dass es leicht ist, diese Grenzen sowohl bei der Herstellung, als auch bei einiger Aufmerksamkeit in der Anwendung innezuhalten.

Blendgläser.

Zur Abschwächung der Helligkeit der Bilder, welche von helleren Lichtquellen, wie Sonne oder Mond, kommen, ist dem Fernrohr ein Sonnenglas beigegeben, welches vor das Okular geschraubt wird. Man benutzt dazu gewöhnlich rothe oder auch sogenannte neutral gefärbte (rauchfarbige) Gläser, bei welchen das Objekt in seinen natürlichen Farben gesehen wird. Da alle beobachteten Lichtstrahlen, also die direkt gesehenen ebenso wie die vom grossen Spiegel reflektirten, durch die Okularblende in gleicher Weise abgelenkt werden, so braucht man an diese Gläser keine besonderen Ansprüche zu stellen, insbesondere brauchen sie auch nicht planparallele Flächen zu haben.

Um aber auch die Lichtstrahlen von jedem der beiden anvisirten Objekte für sich allein und in verschiedenem Grade abblenden zu können, sind vor dem grossen und hinter dem kleinen Spiegel je 2 bis 4 farbige Gläser (Schattengläser, Sonnengläser, Vorsteckgläser, Blendgläser genannt) angebracht, welche nach Bedarf in den Gang der Lichtstrahlen eingeschaltet werden können. Sie sind meist verschieden gefärbt, roth, gelb, grün, blau oder neutral und in verschiedener Tiefe vorhanden; die neutrale Färbung, bei welcher die Bilder ihre natürliche Farbe beibehalten, ist den anderen im allgemeinen vorzuziehen. Die Gläser sind in runden oder viereckigen Rahmen mit einer freien runden Oeffnung von etwa 22 bis 24 mm gefasst und an Charniren beweglich, so dass sie einzeln nach Bedürfniss ein- und ausgeschaltet werden können. Ein weiteres Variiren der Helligkeit kann, wie schon oben erwähnt worden ist, bei den meisten Sextanten noch durch Verstellen des Fernrohrs geschehen und so ist es durch Anwendung dieser beiden Hülfsmittel immer leicht und rasch möglich, die beiden anvisirten Objekte nahe gleich hell zu machen, wodurch die Genauigkeit der Beobachtung sehr gewinnt.

Sind die Flächen der Blendgläser genau parallel zu einander, so geht ein Lichtstrahl nach dem Austritte aus dem Glase in der gleichen Richtung weiter, wie vor dem Eintritt. Sind aber diese Flächen gegen einander geneigt, haben die Gläser also eine prismatische Gestalt, so ist dies nicht mehr der Fall und es wird, da die Blendgläser immer nur durch Lichtstrahlen von einem der beiden Objekte getroffen werden, bei dem gleichen Glase ein für alle Winkel konstanter Fehler hervorgerufen und damit werden die Winkelmessungen um diesen Betrag gefälscht. Durch Bestimmung des Fehlers eines jeden Glases oder durch Bestimmung des Indexfehlers mit dem gleichen Glase, mit welchem die Beobachtung angestellt wurde, lässt sich der fehlerhafte Einfluss der Blendgläser eliminiren. Immerhin sollen die Gläser womöglich keine oder nur geringe Fehler haben, wenn die Beobachtungen nicht darunter leiden sollen und es ist daher namentlich auch für den Fabrikanten wichtig, sich vor der Verwendung farbiger Gläser von deren Güte und Brauchbarkeit zu überzeugen. Man kann die Planparallelität derselben auf dem oben beschriebenen Spiegelprüfungsapparat in der gleichen Weise wie die der Spiegel untersuchen. (Vgl. auch Eylert, Seite 21).

Einen anderen Apparat*) für die Prüfung der Verdunklungs-Gläser verwendet das Kew-Observatorium, von dem das folgende bekannt ist.

In der ersten Zeit der Sextantenprüfungen waren am Kew-Observatorium keine Einrichtungen getroffen, um die Fehler der Blendgläser zu untersuchen, die zum Schutze des beobachtenden Auges gebraucht werden, wenn der Sextant nach der Sonne oder dem Mond gerichtet ist. Die Prüfungen zeigten aber, dass dabei Fehler vorkommen können, die von dem mangelhaften Parallelismus in der Gestalt dieser Gläser kommen und die gross genug sind, um sonst gute Messungen in nicht zu vernachlässigender Weise zu fälschen. Es trat daher für die Fabrikanten von Sextanten der Wunsch auf, die Schattengläser, bevor sie in ihre Rahmen gefasst werden, untersucht zu sehen, damit nur gute Gläser und Spiegel bei der Verfertigung dieser

*) G. M. Whipple: „Description of an Apparatus employed at the Kew Observatory, Richmond, for the examination of the dark glasses and mirrors of sextants." Proceeding of the Royal Society, No. 224, 1883.

Digitized by Google

Instrumente gebraucht werden. Zur Erfüllung dieses Zweckes hat das Kew Committee anfangs der achtziger Jahre Einrichtungen getroffen, um die Blendgläser und Spiegel untersuchen zu können. Diese werden dann, wenn sie den nothwendigen Anforderungen in Bezug auf ihre Genauigkeit entsprechen, mit einem offiziellen Zeichen versehen.

Die Einrichtung des Prüfungsapparates ist wie folgt:

Ein Fernrohr von $3^1/_4$" Oeffnung und 48" Brennweite, mit einem Okularmikrometer versehen, ein Paar Kollimatoren von $1^1/_4$" Oeffnung und 10" Fokallänge vor dem Objektive dieses Fernrohrs und davor ein Heliostat sind auf einer Unterlagsplatte so montirt, dass ihre Axen in die nämliche Horizontalebene gebracht werden können.

Um den Apparat zu justiren, wird das Fernrohr nach der Sonne gerichtet, um es auf unendlich einstellen zu können, d. h. um parallele Strahlen zu erhalten, wobei vor das Okular ein Verdunklungsglas gesteckt wird. Hierauf werden die Kollimatoren auf einem Untersatz so vor das Fernrohr gestellt, dass ihre Objektive dem des Fernrohrs zugekehrt sind. An Stelle des Okulars der Kollimatoren wird eine Metallplatte mit einem feinen Loch (Diaphragma), das genau zentrirt werden kann, gesetzt.

Wird nun Licht vom Spiegel nach dem Fernrohr geworfen, so muss dieses zuerst die Oeffnungen der beiden Kollimatoren passiren, die man dann im Fernrohr sieht. Durch Hin- und Herbewegen des Getriebes mit Zahnstangen der Kollimatoren-Objektive können die Diaphragma-Bilder genau fokusirt werden. Die Kollimation der Diaphragma-Oeffnungen wird durch Drehen der Kollimatoren um ihre Axe in den Lagern geprüft und mit den vorhandenen Korrektionsschrauben beseitigt.

Sind die beiden Kollimatoren genau justirt und nebeneinander befestigt, so dass deren erleuchtetes Gesichtsfeld gleichzeitig im Fernrohr gesehen werden kann, so erscheinen im Fernrohr zwei übereinander liegende Scheiben von 12′ Durchmesser. Sie werden dann so weit von einander getrennt, dass sie sich eben mit ihren Durchmessern berühren. Nun ist das Instrument gebrauchsfähig zur Prüfung der Gläser.

Das zu prüfende Glas wird auf einen Halter vor das Objektiv des einen Kollimators gebracht, während zur Lichtabschwächung ein ähnliches Verdunklungsglas zwischen den Heliostaten und das Diaphragma des zweiten Kollimators gestellt wird. Stellt man nun die Sonne auf das Diaphragma ein, so erblickt man die oben erwähnten beiden Scheiben, entsprechend der Farbe der Gläser gefärbt, im Fernrohr. Ist das zu untersuchende Glas planparallel, so bleibt die relative Lage der beiden Scheiben zueinander ungeändert (Berührung). Sind aber die Flächen des Glases nicht eben, so erscheinen die Bildscheiben entweder getrennt oder theilweise übereinander gelagert. Im ersteren Falle kann man die Grösse der Trennung direkt mit dem Okularmikrometer am Fernrohr messen; liegen die beiden Bilder übereinander, so wird das Glas zunächst um 180° gedreht, wodurch die Bilder getrennt und deren Entfernung gemessen werden kann. Eine zweite Prüfung wird nach einer Drehung des Glases um 90° ausgeführt. Die Grösse der Trennung dient als Angabe der Qualität des Glases. Ist in allen Lagen die Trennung der Bilder kleiner als 20", so wird das Glas mit K. O. 1 gezeichnet, ist sie zwischen 20" und 40", so wird es K. O. 2 gezeichnet. Alle übrigen Gläser mit grösseren Verzerrungen werden verworfen und daher nicht gezeichnet.

Die Spiegel werden in ähnlicher Weise durch Reflexion eines Gegenstandes geprüft.

Aber auch ohne besondere Apparate lassen sich die Blendgläser untersuchen. Man bringt zuerst das direkt gesehene Sonnen- oder Mondbild mit seinem reflektirten, ohne Verwendung der Blendgläser zur Berührung, indem man die Okularblende zum Abschwächen des Lichts allein benutzt. Dann schaltet man einzeln die Blendgläser ein und sieht nach, ob die Berührung ungeändert bleibt. Ist dies der Fall, so ist das Glas gut; ist es dagegen nicht der Fall, so ist das betreffende Glas prismatisch. Der Betrag kann dadurch ermittelt werden, dass man zu jeder Einstellung, wie bei der Bestimmung des Indexfehlers, den Nonius abliest. Für die Prüfung der dunkleren Gläser muss man die Okularblende fortnehmen und dann vor dem anderen Spiegel zur Abschwächung des Lichtes die bereits geprüften Blendgläser einschalten.

Bei manchen Sextanten lassen sich die Blendgläser mit ihrer Fassung um 180° drehen. Bringt man hierbei die beiden Sonnenbilder in der einen Lage des Blendglases zur Berührung und dreht es dann um 180°, so muss die Berührung bestehen bleiben. Durch genaues Einstellen in beiden Lagen und gleichzeitiges Ablesen des Kreises kann die Grösse des allfällig vorhandenen Fehlers wieder bestimmt werden.

Nach den Untersuchungen der Seewarte sind die Mehrzahl der Sextanten mit guten Gläsern ausgestattet.

Digitized by Google

Zur Elimination einer etwa vorhandenen prismatischen Gestalt der Gläser ist es nöthig, die Indexkorrektion unter Verwendung der gleichen Blendgläser zu bestimmen, welche bei der Beobachtung eingeschaltet waren. Freilich wird dies nicht immer möglich sein, ebenso wie man bei umlegbaren Gläsern manchmal keine zweite Beobachtung erhält. Es sollte daher darauf gesehen werden, dass nur Blendgläser, die nahe planparallel sind, verwendet werden; bei neuen Instrumenten sollten mangelhafte Gläser garnicht vorkommen; bei älteren sollten sie stets umgetauscht werden. Da die Herstellung guter Gläser sehr wohl möglich ist, so sollte man sich wegen des etwas höheren Preises nicht vor deren Anschaffung scheuen. Es wird dann jede dadurch entstehende Unbequemlichkeit beim Beobachten, wozu auch das Umlegen um 180° gehört, vermieden und die Genauigkeit der Messungen erhöht.

Die Blendgläser hinter dem kleinen Spiegel sollen zur Vermeidung von Reflexen senkrecht zur Axe des Fernrohrs stehen. Es kommt zuweilen vor, dass sie parallel zum kleinen Spiegel stehen, was nicht richtig ist. Die Blendgläser vor dem grossen Spiegel sollen senkrecht auf der Verbindungslinie der Mitte beider Spiegel stehen. Diese Stellung ist wohl fast immer bei den Sextanten richtig.

Bei denjenigen Sextanten, bei welchen sich die Gläser um 180° umsetzen lassen, muss ein Anschlag vorhanden sein, damit sie immer wieder in die richtige Lage kommen. Bei manchen Instrumenten fehlt dieser und ist dann sehr darauf zu achten, die Gläser in die richtige Stellung zu bringen.

Sextanten von Holz.

Vor noch nicht langer Zeit wurden die Oktanten meist aus Holz verfertigt, wozu sich Ebenholz wegen seines festen Gefüges besonders eignet. Neue Instrumente werden jetzt nur selten von Holz gebaut, da es nicht die Stabilität wie Metall besitzt, und überdies wegen seiner unkontrollirbaren Eigenschaften es zu Präzisionsinstrumenten im allgemeinen ungeeignet erscheint. Immerhin sind noch eine grosse Anzahl Holz-Sextanten im Gebrauch, von denen auch manche zur Prüfung bei der Seewarte eingereicht werden.

Das Holz hat vor dem Metall den Vorzug, dass es einen sehr kleinen Temperatur-Koeffizienten hat, also seine Länge bei verschiedenen Wärmegraden nur wenig ändert. So ist der lineare Ausdehnungs-Koeffizient, d. i. die Verlängerung seiner Längeneinheit bei einer Temperaturänderung von 1° C etwa 0.000003 bis 0.000009 (0.0000097 Ebenholz) je nach der Holzart, während er für Messing 0.000019, Neusilber 0.000018, Silber 0.000019, Gold 0.000015, Nickel 0.000013, Palladium 0.000012, Platin 0.000009 und Aluminium 0.000023 beträgt. Für die verschiedenen Glassorten liegt er zwischen 0.000005 bis 0.000008.

Da nun die Theilung selten direkt auf das Material des Sextantenkörpers angebracht wird, sondern dafür eine besondere Einlage benutzt wird, so ist darauf zu sehen, dass die Ausdehnungs-Koeffizienten beider Substanzen möglichst gleich sind. Bei Sextanten aus Messing ist daher die Silbereinlage ganz passend. Bei Holzsextanten wird gewöhnlich hierzu Elfenbein verwendet, dessen Ausdehnungs-Koeffizient dem des Holzes ähnlich ist. Die noch manchmal vorkommende Metalleinlage hingegen ist ganz zu verwerfen.

Bei ungleichmässiger Erwärmung der einzelnen Theile von Sextanten und dadurch verursachter verschiedener Ausdehnung können die Metallsextanten grössere Fehler zeigen, als die Holzsextanten. Während aber ein Einfluss des Feuchtigkeitsgehaltes der umgebenden Luft auf Metall nicht vorhanden ist, ist er auf Holz von merkbarer Grösse und dabei unregelmässiger Natur, indem das gleiche Holzstück bei der nämlichen Temperatur und dem nämlichen Feuchtigkeitsgehalte der Luft nach vorhergegangener Aenderung dieser Faktoren nicht genau die gleiche Länge wieder annimmt, welche es vorher hatte. Wie nämlich die Versuche von Goulier*) und Stadthagen**) ergeben haben, ändert an dieser hygroskopischen Eigenschaft des Holzes und die daraus hervorgehende unregelmässige Veränderlichkeit auch die verschiedene Präparation des Holzes, wie Kochen in Oel, Ueberzug mit Oelfarbe u. dgl. nur wenig. Immerhin ist Holz für gewisse Zwecke, wie bei Vermessungen, beim Nivelliren, wenn die Länge der Latten unter ständiger Kontrolle gehalten werden, auch zu feineren Messungen zu gebrauchen. Ebenso haben sich Holzpendel für Uhren sehr gut bewährt, was besonders für erdmagnetische Beobachtungen von Wichtigkeit ist.

Auch gegen leichtere Stösse dürfte Holz weniger empfindlich als Metall sein.

*) Ch. Lallemand: „Etude sur les variations de longueur des mires de nivellement, d'après les expériences du colonel Goulier." Verhandlungen der 12. allgem. Konferenz der Internationalen Erdmessung in Stuttgart 1898. Annexe C. 1. Eingehendes Referat in Zeitschrift für Vermessungswesen, Band 31, 1902, S. 192—201.

**) H. Stadthagen: „Untersuchungen über die Abhängigkeit der Längenänderung von Holzstäben, von Feuchtigkeit und Temperatur." Wiedemann's Annalen der Physik, Band 61, 1897, S. 208.

Digitized by Google

Wenn daher ein Holzsextant in gutem Zustande ist, so können mit ihm alle Messungen, die den Anforderungen der Navigation genügen, wohl erhalten werden. Da aber gute Instrumente dieser Art im Preise nicht sehr von den Metallsextanten verschieden sind, so sind letztere unbedingt vorzuziehen, da sie sicherere Resultate zu liefern im Stande sind.

Transportkasten.

Zur Aufbewahrung der Instrumente mit Zubehör und zum Transport ist ein geeigneter Kasten erforderlich. In diesem muss der Sextant so befestigt werden können, dass keine Verletzungen desselben vorkommen; besonders darf keine Pressung auf den Kreis, die Alhidade und die Axe stattfinden, durch welche die Spiegelstellung verändert, der Kreis verbogen oder die Axenführung geändert werden könnte. Am besten erscheint die Befestigung am Handgriff, während sonst das Instrument frei im Kasten steht; jedoch dürfte auch eine andere zweckmässige Befestigungsart unschädlich sein. Die zugehörigen Theile, wie Fernrohre, Okularblenden, Stellstifte, Staubpinsel u. dgl. müssen so im Kasten aufbewahrt werden können, dass sie sich nicht frei bewegen und an den Sextanten stossen können.

Exzentrizität.

Soll der Sextant fehlerlos konstruirt sein, so muss der Drehungsmittelpunkt des grossen Spiegels (Alhidade) genau mit dem Mittelpunkt des getheilten Kreisbogens zusammenfallen. Da es aber nicht immer möglich ist, dieser Bedingung in der Praxis vollständig zu genügen, so entstehen dadurch Ungenauigkeiten in den Winkelmessungen, die man Exzentrizitätsfehler nennt. Wie gross der Einfluss einer solchen Exzentrizität der Axe sein kann, erkennt man daraus, dass eine Abweichung der beiden Mittelpunkte von nur 0.1 mm im Maximum schon einen Fehler von 4′ in den Winkelmessungen hervorrufen kann. Bei Vollkreisen, wie z. B. bei Prismenkreisen, wird der Exzentrizitätseinfluss dadurch eliminirt, dass man an den Instrumenten zwei diametral einander gegenüberstehende Indizes oder Nonien anbringt. Das arithmetische Mittel beider Ablesungen, die eine um 180° vermehrt oder vermindert, giebt alsdann den richtigen Winkelwerth, gemessen auf einem Kreisbogen, dessen Mittelpunkt in der Drehaxe des grossen Spiegels liegt. Bei Sextanten und Oktanten ist aber der Natur der Sache nach eine derartige Elimination des Exzentrizitätsfehlers nicht möglich, weshalb man die Grösse der Exzentrizität und ihren Einfluss auf die verschiedenen Winkel ermitteln und an die einzelnen Ablesungen bei den Beobachtungen anbringen muss.

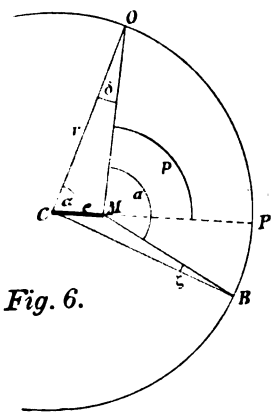


Fig. 6.

Sei C (*Fig. 6*) der Mittelpunkt der Theilung und M der Mittelpunkt der Drehaxe der Alhidade, also auch des grossen Spiegels, und O der Anfangspunkt der Theilung. Soll nun ein Winkel $2a$ gemessen werden, so muss der Nonius von O nach B bewegt werden, dabei beschreibt die Alhidade den Winkel $OMB = a$. Wird der zugehörige Zentriwinkel bei C mit α bezeichnet, so ist die Ablesung am Gradbogen, wegen der Verdoppelung der Bezifferung bei Sextanten, gleich 2α.

Setzt man daher

$$2a - 2\alpha = 2\mathfrak{E}$$

also

$$a - \alpha = \mathfrak{E}$$

und bezeichnet ferner: $CM = e$; $CO = r$; $\sphericalangle OMP = p$; $\sphericalangle COM = \delta$ und $\sphericalangle CBM = \zeta$, so ist:

$$\sin\delta = \frac{e \,.\, \sin p}{r}; \quad \sin\zeta = \frac{e \,.\, \sin(a-p)}{r} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

Da nun im vorliegenden Fall die Exzentrizität e und mithin auch die Winkel δ und ζ kleine Grössen sind, so kann man den Sinus mit dem Bogen vertauschen und man erhält also:

$$\delta = \frac{e \,.\, \sin p}{r \,.\, \sin 1''}; \quad \zeta = \frac{e \,.\, \sin(a-p)}{r \,.\, \sin 1''} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

Wenn man nun

$$\frac{e}{r \,.\, \sin 1''} = \varepsilon \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

setzt, d. i. der Maximalwerth, den δ und ζ annehmen können, so wird:

$$\delta = \varepsilon \,.\, \sin p \quad \text{und} \quad \zeta = \varepsilon \,.\, \sin(a-p)$$

Digitized by Google

und damit der Werth der gesamten Exzentrizitäts-Korrektion

$$\mathfrak{E} = a - \alpha = \delta + \zeta = \varepsilon[\sin p + \sin(a-p)] \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4)$$

Analog erhält man für einen anderen gemessenen Winkel $2a'$ den Werth

$$\mathfrak{E}' = \varepsilon[\sin p + \sin(a'-p)]$$

Da aber die Kreisablesungen beim Sextanten gleich die doppelten Zentriwinkel geben, muss man diese Zahlen ebenfalls verdoppeln, um beide Angaben gleich zu machen. Es ist daher allgemein:

$$2\mathfrak{E} = 2\varepsilon[\sin p + \sin(a-p)] \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (5)$$

worin bei der Berechnung a die Hälfte des am Sextantenkreise abgelesenen Winkels, also den wahren Zentriwinkel, bedeutet.

Nach dieser Formel lässt sich also die Exzentrizitäts-Korrektion $2\mathfrak{E}$ für jeden Punkt der Kreistheilung finden, der um den Bogen a vom Nullpunkt der Theilung entfernt liegt, wenn nur die beiden Werthe 2ε und p für das betreffende Instrument bekannt sind. Diese beiden Grössen, 2ε, d. i. der Winkel, unter welchem die lineare Entfernung der beiden Mittelpunkte vom Theilkreise aus erscheint, und p, d. i. der Winkel zwischen der Verbindungslinie beider Mittelpunkte und dem verlängerten Nullstrich der Theilung, führen den Namen Exzentrizitäts-Konstanten des Instrumentes. Sie sind für jedes Instrument charakteristische Grössen.

Da die Formel zwei Unbekannte 2ε und p enthält, so würde die Messung zweier bekannter Winkel genügen, um sie berechnen zu können. Sind mehrere Messungen vorhanden, was in der Anwendung immer vorzuziehen ist, so kann man die Resultate nach der Methode der kleinsten Quadrate streng ermitteln. Hierzu ist es aber nöthig, zunächst die Formel (5) linear zu machen, was in der folgenden Weise geschieht:

$$2\mathfrak{E} = 2\varepsilon[\sin p + \sin(a-p)] = 2\varepsilon \sin p + 2\varepsilon \cos p \,.\, \sin a - 2\varepsilon \sin p \,.\, \cos a$$

setzt man darin

$$2\varepsilon \,.\, \sin p = x$$

und

$$2\varepsilon \,.\, \cos p = y \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (6)$$

so erhält in linearer Form:

$$2\mathfrak{E} = x + y \,.\, \sin a - x \,.\, \cos a = (1 - \cos a)\, x + \sin a \,.\, y \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (7)$$

Jede Beobachtung eines bekannten Winkels liefert eine Gleichung von dieser Form, welche in bekannter Weise nach x und y aufgelöst werden können. Aus x und y findet man p aus der Gleichung:

$$\frac{x}{y} = tg\, p \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (8)$$

und nach Einsetzen von p in die Gleichungen (6) hinwiederum 2ε.

Bei der Prüfung auf der Seewarte werden die Untersuchungen in der Weise ausgeführt, dass der Nonius des Sextanten von 10° zu 10° (seltener von 5° zu 5°) verschoben wird und so sämtliche 10°-Winkel von 0° bis 120° mit einer zweiten geprüften Theilung (der eines Vollkreises) verglichen werden. Ist der Sextant ohne Exzentrizität, so müssen die Unterschiede der Winkel an beiden Kreisen innerhalb der Einstellungsgenauigkeit jedesmal Null sein; treten systematische Differenzen auf, so stellen diese die für jeden Stand beobachtete Exzentrizitätswerthe $2\mathfrak{E}$ dar. Setzt man die so erhaltenen $2\mathfrak{E}$ in die Formel (7) ein, so erhält man 12 Gleichungen von der Form:

$$n = ax + by$$

worin a und b für alle Sextanten bei Innehalten derselben Methode den gleichen Werth behalten. Nach der Methode der kleinsten Quadrate behandelt, erhält man die Normalgleichungen:

$$x = 2\varepsilon \,.\, \sin p = \frac{[bb][na] - [ab][nb]}{[aa][bb] - [ab][ab]}$$

$$y = 2\varepsilon \,.\, \cos p = \frac{[aa][nb] - [ab][na]}{[aa][bb] - [ab][ab]}$$

Digitized by Google

Bei der numerischen Berechnung ändern sich für jedes Instrument nur die $n = 2\mathfrak{E}$, weshalb sowohl der Nenner, als auch je der eine Faktor der beiden Glieder des Zählers Konstanten sind, die ein für alle Mal berechnet werden. Setzt man den gemeinschaftlichen Nenner

$$[aa].[bb]-[ab][ab] = D$$

ferner

$$\frac{[bb]}{D} = A; \quad \frac{[ab]}{D} = B; \quad \frac{[aa]}{D} = C$$

so wird:

$$\begin{aligned} x &= A[na]-B[nb] \\ y &= C[nb]-B[nn] \end{aligned} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (9)$$

Die Konstanten für alle bei den Untersuchungen von Sextanten und Oktanten vorkommenden Fälle sind in der nachstehenden Tabelle aufgeführt:

Messungen				*log A*	*log B*	*log C*
von 0°	bis 120°	von 5°	zu 5°	0.94753	0.56635	0.22181
0	120	10	10	1.21455	0.84243	0.50646
0	110	10	10	1.40543	0.99441	0.61794
0	100	10	10	1.60231	1.14937	0.73030
0	90	10	10	1.81841	1.32013	0.85513

Bildet man daher die Summe der Produkte $[na]$ und $[nb]$ und führt die entsprechenden vier Multiplikationen mit A, B und C nebst zwei einfachen Subtraktionen aus, so erhält man x und y und damit nach (8) und (6) sofort p und 2ε, die gewünschten Exzentrizitäts-Konstanten. In Gleichung (5) dann eingesetzt, wird für jede Kreisablesung die dazugehörige Korrektion gefunden.

Das folgende Beispiel, in welchem zugleich die beiden Konstanten $a = (1-\cos a)$ und $b = \sin a$ von 5° zu 5° angegeben sind, soll sowohl den Gang der an der Seewarte innegehaltenen Rechnung, als auch die Einfachheit des Verfahrens illustriren.

Sextant bezeichnet „Eigenes Fabrikat“ No. 827 (No. 4142, Buch 22, Seite 180).

Winkel am Sextanten	n	a	b	na	nb
5°		0.001	0.044		
10	+ 5″	0.004	0.087	+ 0.02	+ 0.43
15		0.009	0.131		
20	+ 8	0.015	0.174	+ 0.12	+ 1.39
25		0.024	0.216		
30	+21	0.034	0.259	+ 0.71	+ 5.44
35		0.046	0.301		
40	+28	0.060	0.342	+ 1.68	+ 9.58
45		0.076	0.383		
50	+31	0.094	0.423	+ 2.91	+13.11
55		0.113	0.462		
60	+33	0.134	0.500	+ 4.42	+16.50
65		0.157	0.537		
70	+39	0.181	0.574	+ 7.06	+22.39
75		0.207	0.609		
80	+39	0.234	0.643	+ 9.13	+25.08
85		0.263	0.676		
90	+44	0.293	0.707	+12.89	+31.11
95		0.324	0.737		
100	+41	0.357	0.766	+14.64	+31.41
105		0.391	0.793		
110	+45	0.426	0.819	+19.17	+36.85
115		0.463	0.843		
120	+51	0.500	0.866	+25.50	+44.17
				+98.25 = $[na]$	+237.46 = $[nb]$

Digitized by Google

$\log A = 1.2146$	$\log B = 0.8424$	$\log C = 0.5065$	$\log B = 0.8424$
$\log [na] = 1.9924$	$\log [nb] = 2.3756$	$\log [nb] = 2.3756$	$\log [na] = 1.9924$
3.2070	3.2180	2.8821	2.8348

$$A.[na] = +1611 \qquad C.[nb] = +762.2$$
$$B.[nb] = +1652 \qquad B.[na] = +683.6$$
$$A.[na] - B.[nb] = -41 \qquad C.[nb] - B.[na] = +78.6$$
$$= 2\varepsilon . \sin p \qquad = 2\varepsilon . \cos p$$

$$\log 2\varepsilon \sin p = 1.6128_n$$
$$\log 2\varepsilon \cos p = 1.8954$$
$$\log \operatorname{tg} p = 9.7174_n \qquad p = 360° - 27°6 = 332°4$$
$$\log \cos p = 9.9477$$
$$\log 2\varepsilon = 1.9477 \qquad \text{Num. } 2\varepsilon = 89''$$

Um die numerischen Werthe für die einzelnen Kreisablesungen des Sextanten zu erhalten, hat man

$$2\mathfrak{E} = 2\varepsilon[(\sin a - p) + \sin p]$$

zu bilden. Zur Erleichterung dieser Rechnung sind Tafeln (Anhang I—IV) von $\sin(a—p) + \sin p$ berechnet worden, mit den Argumenten von p gleich 0° bis 360° und von a gleich 0° bis 120°, welche also alle bei Sextanten vorkommenden Fälle einschliessen. Diese Werthe geben, mit dem gefundenen Werth von 2ε multiplizirt, unmittelbar die gesuchten Exzentrizitätswerthe mit dem richtigen Vorzeichen, welche an die Beobachtungen anzubringen sind, um sie von dem Fehler der Exzentrizität zu befreien.

In dem vorliegenden Beispiel wurde gefunden:

Ablesung	$\sin(a-p)+\sin p$	Exzentrizirät beob.	Exzentrizirät ber.	B — R
10°	+0.075	+ 5″	+ 7″	−2″
20	+0.147	+ 8	+13	−5
30	+0.214	+21	+19	+2
40	+0.276	+28	+24	+4
50	+0.331	+31	+29	+2
60	+0.382	+33	+34	−1
70	+0.425	+39	+38	+1
80	+0.462	+39	+41	−2
90	+0.492	+44	+44	0
100	+0.515	+41	+46	−5
110	+0.529	+45	+47	−2
120	+0.537	+51	+48	+3

Daraus ergiebt sich ein rechnungsmässiger mittlerer Fehler der ermittelten Exzentrizitätswerthe von ±3″. Da nun die Ablesung am Sextanten selbst nur auf 10″ erfolgt, eventuell schätzungsweise noch auf 5″, so genügt es für die Praxis obige Werthe auf 5″ oder auch auf 10″ abgerundet zu geben, wie es bei den Prüfungsbescheinigungen der Seewarte geschieht.

Die Tabelle von $\sin(a—p) + \sin p$ (Anhang I bis IV) giebt zugleich einen guten Ueberblick über die Abhängigkeit der Exzentrizitätswerthe von dem Positionswinkel, in welchem die Richtung der Exzentrizität liegt. In der Gegend bei 0° und bei 180° im I. und III. Quadranten ist der Einfluss am grössten, so dass fast der Gesamtwerth der Exzentrizität bei den Winkelmessungen zum Ausdruck kommt. Das Maximum ist bei 30° bezw. 210°. Liegt dagegen die Richtung der Exzentrizität bei 90° und bei 270° im II. und III. Quadranten, so ist der Einfluss am geringsten. Es rührt dies daher, dass in dieser Gegend ein Zeichenwechsel eintritt. Bei 120° bezw. 300° ist das Minimum, in welcher Lage eine schon recht bedeutende Exzentrizität von etwa 2′ noch kaum erkennbar ist, indem der Maximalwerth der Korrektion dabei noch keine 20″ erreicht, also eine Grösse, die noch an der Grenze der Winkelmessungen auf See liegt. Im Bereiche von ±25° bei 120° bezw. 300° ändert sich die Krümmung der entsprechenden Kurve und damit wechselt die

Digitized by Google

Korrektion ihr Vorzeichen. In den übrigen Lagen dagegen bleibt die Krümmung immer in der gleichen Richtung. Es kann daher der Mechaniker auch durch Verschieben der Richtung der etwa vorhandenen Exzentrizität in die günstige Winkelgegend bei unveränderter Grösse der Exzentrizität den Einfluss auf die Messungen stark verringern. Tritt aber eine Aenderung in der Richtung der Exzentrizität ein, so ändern sich in diesem Falle auch die Exzentrizitäts-Korrektionen stark.

In denjenigen Fällen, bei welchen es nur darauf ankommt, die Exzentrizitäts-Korrektionen zu kennen, kann man auch die gefundenen Abweichungen graphisch ausgleichen. Ist der Verlauf der Kurve ziemlich regelmässig, so erhält man auf diesem Wege bei einiger Vorsicht recht sichere und gute Werthe für die Verbesserungen der einzelnen Winkel.

Während in den ersten Jahren die Bestimmung der Exzentrizität der Sextanten durch die Messung bekannter Winkel geschah, kommt seit 1892 ein etwas anderes Verfahren in Anwendung, das Herr Admiralitätsrath C. Koldewey in den Annalen der Hydrographie und Maritimen Meteorologie (XX. Jahrgang, 1892, S. 261) beschrieben hat. Die Nothwendigkeit einer Aenderung der Methode zur Bestimmung der Exzentrizitätsfehler von Sextanten war nämlich durch die allmählich gänzlich veränderten Verhältnisse des Hamburger Hafens im Zusammenhang mit der sich mehr und mehr steigernden Fabrikthätigkeit und den damit verbundenen Rauch immer stärker geworden, da die zu den Winkelmessungen dienenden entfernten Objekte sehr häufig nicht mehr zu sehen waren.

Das Kew-Observatorium, welches bei der Prüfung der Sextanten ebenfalls einzelne Winkel misst, benutzt statt entfernter Objekte (wie Kirchthürme) die Fäden von Kollimator-Fernrohren. Für die Einführung dieser Methode, welche eine durchaus sichere und unveränderliche Aufstellung der Kollimatoren zur Grundbedingung hat, sind die baulichen Verhältnisse der Seewarte nicht ganz günstig. Man griff daher zu einem anderen Prinzipe, als das der Winkelmessung zwischen direkt anvisirten Gegenständen, nämlich zur Methode der Vergleichung eines Bogenstückes des Sextanten mit dem korrespondirenden Bogenstücke eines richtig getheilten bezw. genau untersuchten Vollkreises, ein Verfahren, welches auf Sternwarten mehrfach angewendet wird, und das nach den Angaben von A. G. Winterhalter schon seit der Mitte der achtziger Jahre am U. S. Naval Observatory in Washington zu dem gleichen Zweck mit Erfolg im Gebrauch ist.

Das hierbei zu Grunde liegende Prinzip ist folgendes: Man befestigt einen Sextanten so auf einem mit genauer richtiger Theilung versehenen Theodoliten, dass die Drehungsaxen beider Instrumente parallel sind. Liest man nun die Grösse der Bewegung des doppelt reflektirten Bildes einer Mire oder eines entfernten Gegenstandes am Gradbogen des Sextanten ab und ebenso die zur Auffindung und erneuerten genauen Einstellung dieses reflektirten Bildes gemachte Drehung des Theodolitkreises, so findet man unter Berücksichtigung eventueller Theilungsfehler die Exzentrizitäts-Korrektion des Sextanten für so viele Punkte der Theilung, als man verschiedene Einstellungen des reflektirten Bildes macht.

Es ergiebt sich dabei von selbst, dass man bei Anwendung dieses Verfahrens den Nullpunkt des Nonius am Sextanten auf bestimmte Punkte, etwa auf alle 5° oder 10° der Sextantentheilung einstellen wird, durch Drehung des Theodolitkreises alsdann das reflektirte Bild aufs neue am Sextantenfernrohr einstellt und die stattgehabte Drehung am Theodolitkreise abliest.

Die grösste Sorgfalt bei diesem Prüfungsverfahren muss auf die Unveränderlichkeit der Sextanten-Aufstellung verwendet werden. Man kontrollirt diese am besten dadurch, dass man die Einstellung des doppelt reflektirten Bildes, bei auf Null eingestelltem Index des Nonius am Sextanten, zwischen den einzelnen Messungen häufig wiederholt.

Wegen der genauen Prüfung des Sextanten-Prüfungsapparats muss auf die oben zitirte Abhandlung verwiesen werden, welcher auch eine Abbildung beigegeben ist. Die Untersuchung der Sextanten hingegen wird auf der Seewarte nunmehr in folgender Weise gehandhabt:

Zunächst wird der grosse Spiegel des eingelieferten Instrumentes mit dem in der Abhandlung „Der Sextant“ von Eylert beschriebenen Spiegel-Prüfungsapparat untersucht. Dann wird die Theilung mittelst des Nonius durchgesehen, die Verdunklungsgläser werden geprüft und die Stellung des grossen Spiegels kontrollirt und eventuell berichtigt. Ebenso wird nachgesehen, ob die Fernrohraxe der Sextantenebene parallel liegt. Dann wird das Instrument auf die Platte des Prüfungsapparats gestellt und an einem Fusse befestigt. Diese müssen daher ganz fest angezogen sein. Nach der Kontrolle der Nivellirung wird der Sextant durch eine auf seinen Gradbogen gesetzte Dosenlibelle nahezu horizontal gestellt, die senkrechte

Digitized by Google

Stellung des kleinen Spiegels nachgesehen bezw. hergestellt und der Indexfehler nahezu berichtigt. Der Nullpunkt des Nonius am Sextanten wird nun in der Nähe des Limbus-Nullpunktes eingestellt, vor dem kleinen Spiegel die Blendgläser vorgeschlagen und mittelst Drehung des Theodolitkreises das Spiegelbild der Mire im Sextantenfernrohr aufgesucht. Durch Voranbewegen des Nonius am Sextanten und gleichzeitiges Verfolgen des Mirenbildes mittelst Drehung des Theodoliten wird nun kontrollirt, ob die Drehungsaxe vom Sextanten und Theodoliten genau parallel zu einander stehen, in welchem Falle das Bild der Mire stets in derselben Höhe im Gesichtsfeld des Fernrohrs bleibt. Hierauf wird der Nonius auf die verschiedenen Kreisstände, wie das früher gegebene Beispiel zeigt, eingestellt und die entsprechenden Ablesungen ausgeführt.

Die Untersuchung der Sextanten kann mit diesem Apparat bei jedem Wetter ausgeführt werden. Können entfernte Gegenstände nicht eingestellt werden, so wird der Lichtpunkt eines Kollimatorfernrohrs benutzt. Die Messungen sind frei von der allfälligen unrichtigen Stellung des Fernrohrs. Es wird übrigens immer das nämliche mit einem senkrechten Doppelfaden versehene Fernrohr dabei verwendet, welches sich am Theodoliten befindet, wodurch man überdies von der minderwerthigen Beschaffenheit mancher den Sextanten beigegebenen Fernrohre unabhängig wird.

Die Theilungsfehler des Sextantenkreises können so sehr genau und rasch bestimmt werden, da der Theodolitkreis des Prüfungsapparats nur geringe Fehler (weniger als 5″) hat und durch Mikroskop-Ablesung eine Einstellungsgenauigkeit von wenig über 1″ ermöglicht ist. Die Exzentrizität des Kreises wird durch die Ablesung von zwei um 180° von einander entfernten Mikroskope aufgehoben; sie ist übrigens ebenfalls ganz unbedeutend bei dem Instrumente der Seewarte. Von der Genauigkeit der Noniustheilung ist man bei diesem Verfahren ganz unabhängig, da jedesmal der nämliche Strich (Nullstrich) verwendet wird.

Durch dieses Verfahren ist es auch möglich, den ziemlich häufig, auch bei neuen Instrumenten auftretenden Fehler zu konstatiren, welcher durch eine nicht völlig sichere, etwas lose oder sich klemmende Axe des Sextanten entsteht und den Grad der Unsicherheit, welcher dadurch den Messungen anhaftet, zu bestimmen. Man hat dazu nur nöthig, bei den einzelnen Einstellungen auf die verschiedenen Theilpunkte des Limbus den Nullstrich der Alhidade (des Nonius) einmal von rechts und nach geschehener Messung und Ablesung von links her auf den Theilpunkt einzustellen und die Messung zu wiederholen. Die Abweichungen zwischen den beiden Ablesungen können alsdann nur durch nicht sichere Axe oder durch Fehler (Nachziehen) der Mikrometer- (Tangenten-) Schraube verursacht werden und sind somit leicht auf ihre wahre Ursache zurückzuführen. Ebenso muss sich bei wiederholter Einstellung des nämlichen Striches die nämliche Ablesung ergeben, wenn die Axe gut sein soll. Sitzt sie nicht mehr fest, so erhält man Differenzen, die die sonstige Einstellungsgenauigkeit übersteigen.

Die Indexkorrektion kommt bei dieser Methode nur insofern in Betracht, als die ermittelten Korrektionen streng genommen nicht für diejenigen Punkte der Theilung gelten, auf welche der Nullstrich des Nonius eingestellt wurde, sondern für die um den Betrag des Indexfehlers davon entfernt liegenden Punkte. Sie würde daher nur dann von Wichtigkeit werden, wenn es sich um gröbere Theilungsfehler einzelner Striche handelt, während bei regelmässig verlaufenden Fehlern, die von der Exzentrizität herrühren, eine geringe Verschiebung ohne Einfluss ist. Da übrigens vor den Messungen die Indexkorrektion stets klein gemacht wird und dann immer innerhalb 1′ bleibt, so ist auch in dieser Beziehung nichts zu befürchten.

Grosse Vorsicht dagegen muss man beim Einstellen des Nonius üben und namentlich auch darauf achten, dass der Kreis jedesmal gut und gleichmässig beleuchtet wird.

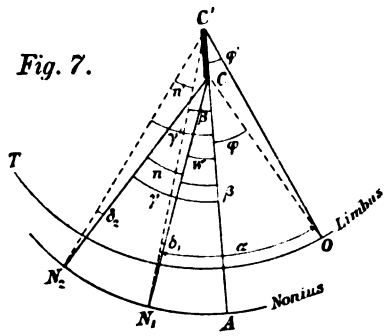
Einfluss der Exzentrizität auf die Noniusablesung.

Die Theorie des Nonius verlangt, dass der Mittelpunkt der Limbus- und der Alhidaden- (Nonius-) Theilung zusammenfallen. Es muss sich also die Noniustheilung zentrisch zur Kreistheilung bewegen, in welchem Falle die Länge des Nonius bezw. seiner Theilung an allen Stellen des Kreises die nämliche Winkelgrösse des Kreises überspannt. Fallen aber die beiden Mittelpunkte nicht zusammen, hat also das Instrument eine Exzentrizität, so sind die Angaben des Nonius an verschiedenen Stellen des Kreises verschieden und die Noniusablesung bedarf daher eine veränderliche Korrektion; umgekehrt kann man auch aus dem Vorhandensein derselben auf die Exzentrizität des Kreises schliessen.

Sei C der Mittelpunkt der Alhidade und C' der des Limbus, somit $CC' = e$ die Exzentrizität. Dann beschreibt der Nonius einen Kreisbogen $A N_1 N_2$, der exzentrisch zum Limbuskreis $O T$ verläuft. Sei ferner

Digitized by Google

Fig. 7.



O der Nullpunkt der Kreistheilung, OC' der Radius und $C'CA$ die Richtung, in welcher die Exzentrizität CC' sich befindet. Diese schliesse mit der Nullrichtung des Limbus den Winkel φ', während $\sphericalangle OCA = \varphi$ sein soll. Bei der Messung eines Winkels α (Kreisablesung 2α) befindet sich der Nonius in der Lage $N_1 N_2$, wobei N_1 sein Nullpunkt sein soll. Dann unterscheiden sich gemäss der *Fig. 7* die Winkel im Alhidadenmittelpunkt β und γ, welche durch die beiden Endpunkte des Nonius gebildet werden, von denjenigen im Limbusmittelpunkt β' und γ' um die Winkel δ_1 und δ_2. Es ist dann

$$\left.\begin{aligned} \beta - \beta' &= \delta_1 = \frac{e\varrho}{r} \sin\beta = \varepsilon \sin\beta' \\ \gamma - \gamma' &= \delta_2 = \frac{e\varrho}{r} \sin\gamma = \varepsilon \sin\gamma' \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

Subtrahirt man die beiden Gleichungen von einander, so erhält man:

$$(\gamma - \beta) - (\gamma' - \beta') = \varepsilon(\sin\gamma' - \sin\beta') \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

$\gamma - \beta$ ist gleich der Länge des Nonius n, während $\gamma' - \beta' = n'$ der Zentriwinkel des vom Nonius überdeckten Limbus-Intervalls bezeichnet. Es wird daher (2)

$$n - n' = \varepsilon(\sin\gamma' - \sin\beta') \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

Wegen der Kleinheit der Grösse ε kann man unbedenklich γ' und β' mit γ und β, den am Nonius abgelesenen Winkelgrössen, vertauschen und erhält dann:

$$n - n' = 2\varepsilon \sin\frac{\gamma - \beta}{2} \cdot \cos\frac{\gamma + \beta}{2}$$

oder nach der *Fig. 7* auch:

$$n - n' = 2\varepsilon \cdot \sin\frac{n}{2} \cdot \cos\left(\alpha - \varphi + \frac{n}{2}\right) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4)$$

worin $\varepsilon = \frac{e \sin 1''}{r}$ bedeutet. Man erkennt aus dieser Gleichung, dass die am Limbus abgelesene Länge des Nonius von der Lage der Exzentrizitätsrichtung abhängt. Die Differenzen $n - n'$ kann man mit Hülfe der Uebertheilung des Nonius direkt messen, vorausgesetzt, dass der Nonius fehlerfrei ist, d. h. wenn der Noniustheilungspunkt nach dem Alhidadendrehpunkt verschoben wird, soll der Nonius richtig zeigen. Im anderen Falle müsste noch eine konstante Korrektion in obige Formel eingeführt werden.

Man kann also die Grösse $n - n'$ berechnen, wenn man ε und φ kennt und ebenso lassen sich umgekehrt durch Einstellungen an verschiedenen Stellen des Limbus die Werthe $n - n'$ erhalten und daraus ε und φ, die Grösse und Richtung der Exzentrizität bestimmen. Man erkennt aber leicht, dass diese Methode keiner grossen Genauigkeit fähig ist. Man erhält dadurch nur angenäherte Werthe, einmal weil man stark von den Theilungsfehlern abhängig ist, und dann auch, weil die Einstellungsgenauigkeit mit dem Nonius den Messungen eine zu enge Grenze zieht. Immerhin kann man dadurch rasch einen Ueberblick über die Grösse der etwa vorhandenen Exzentrizität gewinnen, weshalb diese Untersuchung nach einem Unfall leicht die Möglichkeit bietet, zu erkennen, ob stärkere Exzentrizitätsänderungen eingetreten sind. Bei denjenigen Instrumenten, bei welchen die Uebertheilung fehlt, lässt sich übrigens diese Methode nicht anwenden.

Behandlung und Vorsichtsmaassregeln beim Gebrauch des Sextanten.

Wenn das Instrument ausser Gebrauch ist, so soll es im geschlossenen Kasten aufbewahrt werden. Soll es zu Beobachtungen verwendet werden, so nehme man es aus dem Kasten, indem man es am Rahmen oder an dem Holzgriff fasst; niemals soll die Alhidade (Theilung) berührt werden. Wird das Instrument nicht gebraucht, so soll die Alhidade festgeklemmt sein.

Man achte darauf, dass die Mikrometerschraube nicht zu weit hineingeschraubt werde, damit sie keine Pressungen erleidet. Ebenso bringe man die Alhidade nicht an ihre äussersten Stellungen, in welcher sie

Digitized by Google

mit der Aufstellung des kleinen Spiegels oder mit dem Fernrohrträger in Berührung kommen kann, wodurch einerseits die Aufstellung leiden oder auch Pressungen beim Gebrauch der Mikrometerschraube entstehen könnten. Bei manchen Instrumenten ist übrigens ein Anschlag an den Enden des Kreisbogens vorhanden, so dass sie obige Stellungen bezw. Berührungen gar nicht einnehmen kann.

Den Nonius und den Spiegel reinige man sehr selten und dann nur mit ganz weichem, zweckentsprechendem Material. Je weniger der kleine Spiegel berührt wird, desto besser, da dadurch seine richtige Aufstellung nur zu leicht geändert wird. Staub u. dgl. entferne man vorsichtig mit einem Kameelhaarpinsel.

Nach etwa vorgenommener Reinigung und vor dem Beobachten überzeuge man sich von der richtigen Aufstellung des kleinen Spiegels und bestimme die Indexkorrektion. Diese ändere man selten und nur dann, wenn sie zu grosse Beträge angenommen hat.

Die Fernrohrlinsen, die Blendgläser und die Lupe werden am besten mit reinem, weichen Ziegenleder oder mit schon mehrfach ausgewaschener weicher Leinwand vorsichtig gereinigt; mit dem gleichen Material kann die Theilung und das Gestell behandelt werden. Dabei ist immer sehr darauf zu achten, dass das Material sauber und namentlich vorher nicht mit ätzenden scharfen Sachen oder mit Quecksilber in Berührung gekommen ist. Ist die Theilung sehr schmutzig geworden, so nimmt man zum Reinigen etwas säurefreies Oel, reibt es vorsichtig darauf und wischt es dann wieder ab.

Vor Stössen ist das Instrument zu bewahren und ebenso wenig lasse man es von Personen, die es nicht zu behandeln wissen, benutzen.

Bemerkungen über die geprüften Instrumente.

In der beifolgenden Zusammenstellung sind die Resultate der seit Beginn an der Seewarte eingelieferten und untersuchten Reflexions-Instrumente nach den Namen der Fabrikanten mitgetheilt. Dabei ist allerdings zu bemerken, dass diese Namen nicht immer den Fabrikanten selbst bezeichnen, da ja viele Händler sich ihre Namen von den Fabrikanten auf das Instrument setzen lassen. Eine Scheidung dieser beiden Sorten lässt sich aber nur selten vornehmen und wurde daher davon abgesehen. Neue Instrumente sind der Hauptsache nach von Hamburger Firmen eingeliefert worden; sie sind zum grössten Theil auch rein deutsches Fabrikat. Die älteren dagegen, meist von Seeleuten gebracht, stammen vielfach vom Auslande, in erster Linie von England.

In der dritten Spalte ist die Art des Instruments, S (Sextant), H (Halbsextant), O (Oktant) und T (Taschensextant) nebst der Theilung des Nonius angegeben. Dann folgt die Anzahl der geprüften Instrumente überhaupt und die der mehrfach untersuchten im besonderen.

In der 6. bis 9. Spalte ist die Exzentrizität 2ε nach der Grösse gegeben. Die Mittheilung der Lage p wurde unterlassen, da diese zwar für das einzelne Instrument sehr wichtig ist, bei der Gesamtheit aber nicht in Betracht kommt. Die Instrumente, bei welchen 2ε gleich Null oder auch kleiner als 35″ ist, können als erstklassige angesehen werden, welche zu allen Messungen gebraucht werden können; vorausgesetzt, dass dem Instrument nicht andere Mängel anhaften. Bei denjenigen Instrumenten, deren Exzentrizität 2ε von 40″ bis 180″ geht, ist diese bei den Beobachtungen wohl zu berücksichtigen. Instrumente, deren Exzentrizität 180″ überschreitet, werden im allgemeinen als minder gut zu betrachten sein. Eine Spalte giebt Auskunft über die Anzahl der gefundenen Spiegelfehler und eine über unsichere Axen. Hierbei ist allerdings zu bemerken, dass diese erst mit grösserer Sicherheit seit der Verwendung des neuen Prüfungsapparates erkannt werden konnten. In der letzten Spalte sind die Angaben über andere bei der Prüfung gefundene Mängel, wie Theilungs- und Nonienfehler, prismatische Blendgläser (abgekürzt Gl. geschrieben) u. dgl. m. Ueberdies ist angegeben, wenn das Instrument nicht von Messing mit silberner Einlage für die Theilung, sondern von Holz mit Elfenbeintheilung u. s. w. verfertigt ist.

Digitized by Google

No.	Verfertiger	Instrumente: Art und Theilung *)	Instrumente: Anzahl	Instrumente: mehrfach geprüft	Exzentrizität 2ε: 0″	Exzentrizität 2ε: < 35″	Exzentrizität 2ε: 36″ bis 180″	Exzentrizität 2ε: > 180″	Spiegelfehler	unsichere Axe	Bemerkungen
1	Abraham, London	S 10″	1	..	..	..	1	..	..	..	
2	Adams, London	S 10″	3	1	..	..	1	2	1	..	
3	J. Adkins, London	S 10″	3	..	1	..	2	..	1	..	
4	W. Adkins, Newcastle	O 30″	1	.	..	..	..	1	..	..	Messing, Elfenbeintheilung.
5	F. L. Ainsley, Cardiff & Newport	S 10″	1	..	..	..	..	1	..	..	1 Gl.
6	Ainsley, Leith	O 15″	1	..	..	..	..	1	1	..	
7	L. Ainsley, Leith, Shields & Cardiff	O 30″	1	..	..	..	..	1	..	..	Messing, Elfenbeintheilung.
8	Arbon & Krap, Rotterdam	S 10″	4	2	2	..	2	..	..	..	3 Gl.
		S 15″	1	..	..	..	1	..	..	..	1 Gl.
9	Baelen, Calais	H 15″	1	..	..	..	1	..	..	..	
10	A. Baharie, Sunderland & London	S 10″	2	..	..	1	1	..	1	..	
11	A. Baharie & Son, Sunderland	H 15″	1	..	1	..	..	..	1	..	
12	Baker, London	S 10″	3	..	..	..	1	2	1	..	2 Gl. und Theilungsfehler.
13	J. R. Barkham, Bremerhaven	S 10″	14	1	2	1	10	1	4	..	3 Gl. und 2 andere Fehler.
		H 15″	3	..	..	1	1	1	..	..	
14	R. M. Barret, London	S 10″	6	1	..	..	4	2	..	1	3 andere Fehler.
		O 30″	1	..	..	..	1	..	..	..	
15	Barry, London	S 10″	1	..	..	..	..	1	..	..	
		S 15″	2	..	1	..	..	1	1	..	1 Klemme,
16	T. Bassinett	O 15″	1	..	..	..	..	1	..	..	1 Gl.
17	Bate, London	S 10″	2	..	..	..	1	1	1	1	Diverse andere Fehler.
18	Batenburg & Cie., Rotterdam	O 15″	1	..	1	..	..	..	..	..	
19	Baumann & Kinzelbach, Stuttgart	S 30″	1	..	..	1	..	..	..	..	
20	H. J. Bell, Glasgow	O 20″	1	..	..	..	1	..	..	..	
21	Bening, Wilhelmshaven	S 10″	1	..	..	..	1	..	..	..	
22	T. Bennet, Cork	S 30″	1	..	..	..	..	1	..	..	Theilungsf., Ebenholz u. Elfenbein.
23	Berge, late Ramsden, London	S 20″	1	..	1	..	..	..	1	..	Klemme schlecht.
24	G. F. Berry & Son, West Hartlepool	S 10″	2	..	..	1	1	..	1	..	„ „
25	C. Beulcke, Bremen	S 10″	15	1	11	1	1	2	..	..	
		O 30″	1	..	..	..	..	1	..	..	
26	J. Bianchetti, Marseille	S 10″	1	..	..	1	..	..	..	..	
27	Bion fils, Dunkerque	O 15″	1	..	..	..	..	1	..	..	Noniusfehler.
28	H. G. Blair, Bristol	S 10″	1	..	..	..	..	1	..	..	
		S 20″	1	..	..	..	..	1	..	..	Elfenbeintheilung.
		H 15″	1	..	1	..	..	..	..	..	
		O 15″	1	..	1	..	..	..	..	..	
29	J. Blair & Son, Bristol	S 10″	2	..	..	..	2	..	..	2	
30	E. & G. W. Blunt, New York	S 10″	1	..	..	..	1	..	1	..	
31	J. Blunt, London	S 15″	1	..	1	..	..	..	..	..	
		S 30″	1	..	..	..	1	..	..	..	
		H 15″	1	..	..	..	1	..	..	..	
32	Bottomley & Co., London	S 10″	1	..	..	..	1	..	..	..	
33	Bradford, London	S 10″	2	..	1	..	..	1	..	..	leicht gebaut.
34	C. G. Brander, London	S 10″	2	..	..	..	1	1	..	..	Spiegelbefestigung nicht gut.
		S 15″	1	..	..	..	1	..	..	..	
35	F. W. Breithaupt & Sohn, Cassel	S 10″	1	..	..	1	..	..	..	..	
36	W. Bröcking, Hamburg	S 10″	8	3	3	..	5	..	..	..	
		H 15″	2	1	..	..	..	2	..	..	
		O 15″	1	..	..	..	1	..	..	1	
37	B. Bromander, Hamburg	S 10″	59	11	21	7	22	9	2	3	5 Gl., 1 Mikrometerschraube.
		H 10″	1	..	1	..	..	..	..	..	
		H 15″	4	..	..	..	2	2	..	1	
		H 20″	1	..	.	..	1	..	..	..	
		H 30″	1	..	..	..	1	..	..	..	
		O 15″	5	1	2	..	2	1	..	..	
		O 30″	7	..	3	..	1	3	..	..	

*) S = Sextant. H = Halbsextant. O = Oktant.

Digitized by Google

No.	Verfertiger	Instrumente: Art und Theilung	Anzahl	mehrfach geprüft	Exzentrizität 2ε: 0″	< 35″	36″ bis 180″	> 180″	Spiegelfehler	unsichere Axe	Bemerkungen
38	Bromander & Haar, Hamburg	S 10″	13	1	3	..	6	4	1	2	2 Gl
		O 15″	..	..	..	..	5	..	1	..	
39	Browning, London	S 10″	1	..	..	..	1	..	..	..	
40	J. Bruce, Liverpool	S 10″	1	..	..	..	..	1	..	..	
		S 15″	2	1	..	1	1	..	..	2	1 Gl.
		H 15″	1	..	..	..	1	..	..	..	
41	Math. Bruns	O 30″	1	1	..	..	..	..	..	..	
42	Bryant & Briggs, Cardiff	O 30″	1	..	..	..	..	1	..	..	
43	J. Bryer & Son, London	O 15″	1	..	1	..	..	..	..	..	
44	Bywater, Dawson & Co., Liverpool	S 10″	1	..	..	1	..	..	..	..	
45	S. A. Cail, Newcastle	S 10″	2	..	1	..	..	1	..	..	
		S 15″	1	..	..	..	1	..	..	..	
		H 30″	1	..	..	..	..	1	..	..	
		O 1′	1	..	..	..	..	..	..	1	
46	Cairns, Liverpool	S 15″	1	..	1	..	..	..	..	..	
47	Callaghan, London	S 10″	4	3	3	..	1	..	..	2	kl. Spiegel.
		O 30″	2	..	..	..	..	2	..	..	Elfenbein und Ebenholz.
48	J. R. Cameron, Liverpool	S 10″	4	..	..	..	..	4	..	..	
		O 15″	1	..	..	..	1	..	..	..	
49	John Campbell, Liverpool	O 30″	1	..	..	..	1	..	..	..	Messing, Elfenbthlg. zu unsicher.
50	W. Campbell & Co. Nachf., Hamburg	S 10″	44	2	23	3	15	3	1	1	2 Gl., 1 Nonius.
		S 15″	14	1	4	2	7	1	1	1	1 Fernrohrträger.
		H 15″	25	2	10	2	9	4	..	1	
		H 30″	4	..	2	..	..	2	..	..	1 Elfenbein und Messing.
		O 15″	3	1	2	..	1	..	..	..	
		O 30″	1	..	..	..	..	1	..	..	Messing und Elfenbein.
51	Campbell & Co., Liverpool	S 10″	1	..	..	..	..	1	..	..	
52	W. J. Cannon, London	S 10″	1	..	..	..	..	1	..	..	
		S 15″	1	..	..	..	..	1	..	..	
		H 20″	1	..	..	..	..	1	..	..	
		H 30″	1	..	..	..	..	1	..	..	
53	J. H. Carey, London	O 30″	1	..	..	..	..	1	..	..	
54	A. Carstens, Hamburg	S 10″	523	78	213	57	237	16	1	21	
		S 15″	3	..	..	..	3	..	..	..	
		H 10″	2	..	1	..	1	..	..	..	
		H 15″	225	5	91	22	100	12	3	4	2 Thlgsf., Alhidade, Mikrom.-Schr.
		O 15″	18	..	10	2	4	2	..	1	
		O 30″	2	..	..	..	1	1	..	..	2 Ebenholz und Elfenbein.
55	Cary, London	S 10″	17	2	7	2	8	..	1	..	3 Gl.
		S 15″	1	..	1	..	..	..	..	..	
56	S. Casartelli	O 30″	1	..	..	..	..	1	..	..	Messing, Elfenbeintheilung.
57	L. Casella & Co., London	S 10″	3	..	..	..	1	2	1	..	1 Gl.
		T 1′*)	4	..	..	..	..	..	..	..	Genauigkeit 1′ bis 2′.
58	Chrichton brothers, London	S 10″	15	6	2	..	10	2	1	5	1 Gl. (1 nicht näher untersucht.
		H 15″	3	..	2	..	1	..	..	..	
		O 15″	1	..	..	..	1	..	..	..	
		O 30″	3	2	..	..	1	..	..	1	1 Elfenbeintheilung, Ebenholz.
59	G. Christian	H 15″	1	..	..	1	..	..	..	..	
60	J. Clark, Greenock	S 10″	2	..	..	..	1	1	..	1	
61	Cook & Son, Hull	S 10″	1	..	..	..	..	1	..	..	
62	W. C. Cox, Devonport	S 10″	7	2	..	..	3	4	..	1	
		S 15″	2	1	1	..	1	..	1	..	1 Gl.
		O 30″	1	..	..	..	..	1	..	..	Elfenbeintheilung in Messing.
63	Wm Cownie, Grangemouth	S 10″	1	..	..	..	..	1	1	..	
64	J. P. Cutts, Sutton & Son, Sheffield & London	S 10″	4	..	..	..	1	3	1	..	

*) Taschensextant.

Digitized by Google

No.	Verfertiger	Instrumente: Art und Theilung	Anzahl	mehrfach geprüft	Exzentrizität 2ε: 0″	< 35″	36″ bis 180″	> 180″	Spiegelfehler	unsichere Axe	Bemerkungen
65	Dalton, Liverpool	O 30″	1	..	..	..	..	1	..	..	
66	Davis, Liverpool	S 10″	1	..	1	..	..	..	..	1	
67	G. & T. Davison, Newcastle	S 10″	1	..	..	..	1	..	1	..	
68	A. Dobbie, Glasgow	S 10″	2	..	..	..	1	1	..	..	
		O 15″	1	..	..	..	..	1	..	1	
69	Dolberg & Petri, Rostock	S 10″	5	2	1	1	1	2	..	3	
		O 1′	2	..	..	1	1	..	..	..	2 Ebenholz und Elfenbein.
70	Dollond	S 10″	5	.	..	2	3	..	1	..	1 Gl.
		O 1′	2	..	..	2	..	..	..	..	
71	Th. Downie, Hamburg	S 10″	41	2	9	3	28	1	5	4	4 Gl., 1 Fernr., 1 kl. Spieg., 1 Non.
		S 15″	1	..	1	..	..	..	..	..	
		H 15″	45	8	13	5	17	10	7	6	5 Gl., 1 Fernrohr, 1 Theilung.
		O 15″	4	..	2	1	1	..	..	2	2 Theilungsfehler.
		O 20″	1	..	..	..	..	1	..	..	Elfenbeintheil. in Messingfassung.
		O 30″	3	..	..	..	..	3	..	..	Elfenbth. in Messingf., 1 Gl., 1 Thlg.
		T 1′*)	3	..	..	..	..	..	..	..	Genauigkeit zwischen ±3′ u. ±10′.
72	F. Drier & Co.	S 10″	1	..	.	..	1	..	..	1	
73	Dring & Fage, London	S 10″	1	..	..	..	1	..	..	..	
74	Dubes, Nantes	S 10″	1	..	..	..	..	1	1	..	1 Gl., Theilungsfehler.
		S 15″	1	..	..	..	..	1	1	..	kl. Spiegel.
75	H. Dürkop, Hamburg	S 10″	3	..	1	1	1	..	..	1	1 Klemme, 1 Nonius.
		H 15″	2	..	..	..	2	..	..	..	
		O 15″	2	..	..	..	2	..	..	2	
76	H. Duren, Newyork	O 30″	1	..	..	..	..	1	1	..	Nonius.
77	A. R. Easton, Aberdeen	S 10″	1	..	..	..	1	..	..	1	
78	Elliott brothers, London	S 10″	6	1	3	..	3	..	..	..	
79	E. & E. Emanuel, Portsmouth	S 10″	1	.	..	..	..	1	..	..	
80	P. A. Feathers, Dundee	S 10″	1	..	1	..	..	..	..	..	2 Ebenholz u. Elfenbeintheilung.
		O 30″	2	..	..	..	..	2	..	..	
81	Fidler, London	S 10″	5	..	5	..	.	..	..	..	2 Axe, 1 Glas.
82	D. Filby, Hamburg	S 10″	30	5	7	4	15	4	2	3	1 kl. Spiegel, 1 Klemme.
		S 15″	40	7	12	3	23	2	3	..	leicht gebaut.
		S 30″	4	..	2	..	..	2	..	..	3 Ebenholz u. Elfenbeintheilung.
		O 30″	1	..	..	..	..	1	..	..	Ebenholz und Elfenbeintheilung.
		O 1′	7	..	2	..	1	4	..	..	5 Ebenholz u. Elfenbeintheilung.
83	J. Fleming, London	S 10″	1	..	..	..	1	..	..	..	
		O 30″	1	..	..	1	..	..	1	..	
84	C. Flügel	O 20″	1	..	..	1	..	..	..	..	Elfenbeinlimbus in Messingfassung.
85	Ford, London	S 10″	1	..	1	..	..	..	..	..	
86	J. Ford, London	O 1′	1	..	..	..	..	1	..	..	Elfenbeintheil. in Ebenholzfassung.
87	W. Ford, London	H 30″	1	..	..	..	..	1	..	..	Elfenbeintheil. in Messingfassung.
88	Frodsham und Keen, Liverpool	O 15″	1	..	..	..	1	..	..	..	Theilungsfehler.
89	Gambey, Paris	S 10″	1	..	..	..	1	..	..	..	
90	J. B. Garraio, Lisboa	O 15″	2	1	2	..	..	..	1	..	
91	Ch. J. Gaupp & Co., Hongkong	O 15″	2	1	1	1	..	..	..	..	
92	Geed, Hull	S 10″	1	..	..	..	..	..	..	..	nicht geprüft.
93	W. Gerrard, London	S 10″	7	..	..	1	3	3	2	3	1 Gl., 1 Mikrometer.
		S 15″	1	..	..	..	..	1	..	1	kl. Spiegel.
		H 15″	5	..	1	1	1	2	1	..	1 kl. Spiegel.
		H 30″	1	..	..	..	..	1	..	..	Elfenbeintheil. in Messingfassung.
94	W. & J. Gilbert, London	S 15″	1	..	1	..	..	..	..	..	
95	Gilbert & Co., London	S 10″	1	..	..	..	..	1	..	..	kl. Spiegel, Theilungsfehler.
96	G. H. & C. Gowland, Sunderland	S 15″	1	..	..	..	1	..	..	..	
97	J. Graham, Liverpool	O 30″	1	..	..	..	..	1	.	..	Ebenholz und Elfenbeintheilung.

*) Taschendosensextanten.

Digitized by Google

No.	Verfertiger	Instrumente: Art und Theilung	Anzahl	mehrfach geprüft	Exzentrizität 2ε: 0″	< 35″	36″ bis 180″	> 180″	Spiegelfehler	unsichere Axe	Bemerkungen
98	Graham & Parkes, Liverpool	S 10″	1	..	..	..	1	..	1	..	
		S 15″	1	..	1	..	..	..	1	..	
99	Th. Gray, Liverpool	S 10″	2	..	..	..	2	..	..	1	1 Fernrohr.
		O 15″	2	..	1	..	1	..	..	1	1 Theilungsfehler.
100	J. Gray & Keen, Liverpool.....	S 10″	2	..	..	..	2	..	..	..	
101	C. Haar, Hamburg	S 10″	16	..	1	2	10	3	..	1	
		H 15″	12	1	1	..	7	4	..	1	
102	Hadden & Co., Liverpool	S 10″	1	..	..	..	1	..	..	..	
103	H. Haecke, Berlin	S 10″	12	2	3	2	7	..	..	..	
		H 30″	1	..	..	1	..	..	..	..	
104	F. Hager, Stettin	S 10″	1	..	1	..	..	..	..	..	
		O 20″	1	..	..	..	..	1	..	..	Theilungsfehler.
		O 30″	1	..	..	..	1	..	..	..	
105	J. Harris & Co., Middlesborough...	H 15″	2	1	1	..	1	..	..	..	
106	Th. Harris & Son, London	S 10″	5	..	..	..	5	..	..	..	
107	W. Harris & Co., London	S 10″	4	1	1	1	2	..	..	1	1 Gl.
		S 15″	1	..	..	..	..	..	..	..	
108	J. Harrison, Hull	S 10″	1	..	..	1	..	..	1	1	
109	Heath & Co., London.....	S 10″	3	..	1	..	1	1	..	..	
		H 15″	1	..	..	..	..	1	..	..	
110	G. Hechelmann, Hamburg	S 10″	97	12	60	11	25	1	.	..	
		S 20″	12	..	7	2	3	..	..	..	
		H 15″	10	1	1	1	7	1	..	..	
		H 20″	1	..	1	..	..	..	..	..	
		O 15″	3	1	..	..	3	..	.	..	
		O 20″	1	..	..	..	1	..	..	..	
		O 30″	1	..	..	..	1	..	..	..	
111	Heinbrecht, Dunkerque	O 30″	1	..	..	..	..	1	..	1	Theilungsfehler.
112	H. Hemsley, London	S 10″	2	1	..	..	2	..	..	..	
		S 15″	2	..	..	2	..	..	..	..	
113	J. Hemsley, London	S 10″	2	..	..	1	1	..	..	1	1 Gl.
114	T. Hemsley & Son, London	H 15″	1	..	1	..	..	..	1	..	
115	Herrebrecht, Dunkerque.....	S 10″	1	..	..	..	1	..	..	..	
116	G. E. Hicks, Plymouth	S 10″	4	..	2	1	..	1	..	..	
		O 15″	5	1	1	1	2	..	2	1	1 kl. Spiegel, 1 Gl.
		O 30″	1	..	..	..	1	..	..	..	
117	Hill & Price, London	S 10″	1	..	..	1	..	..	..	..	
		O 30″		..	..	..	1	..	..	..	
118	J. Hinrichsen, Brake	S 10″	7	2	..	..	5	2	..	..	
		S 15″	4	..	1	..	3	..	..	..	
		O 30″	4	..	..	1	1	2	..	..	1 Elfenbeintheilung in Messing.
119	R. Hodgson, Goole	H 15″	1	..	..	..	1	..	..	..	
		S 10″	1	..	..	..	..	1	.	..	
120	W. Hogg, London	S 15″	1	..	1	..	.	..	..	..	
121	G. Holmbaum, Hannover	S 10″	1	..	..	..	1	..	..	..	
122	H. E. Holst, Efterfolger, Kopenhagen	S 10″	1	..	..	1	..	..	1	..	
123	Hoppe, London.....	S 15″	4	1	..	1	3	..	1	..	
124	Chas. H. Howden, London	S 10″	1	..	..	1	..	..	..	..	
125	H. Hughes & Son, London	O 30″	2	..	..	1	..	1	..	1	2 Elfenbeintheilung in Holz, bez.
126	J. Hughes, London.....	S 10″	5	..	..	..	4	1	..	..	[Messingfassung.
		S 15″	12	..	2	1	4	5	..	1	1 Gl.
127	Hurlimann, Paris	S 10″	1	..	1	..	..	..	..	..	
128	Hutchinson, Newcastle	S 10″	2	..	..	..	2	..	..	..	
129	J. Jeffrey	H 20″	1	..	1	..	..	..	..	..	
		H 30″	1	..	..	..	..	1	..	..	Elfenbeinthlg. in Messingfassung.

Digitized by Google

No.	Verfertiger	Instrumente: Art und Theilung	Anzahl	mehrfach geprüft	Exzentrizität 2ε: 0″	< 35″	36″ bis 180″	> 180″	Spiegelfehler	unsichere Axe	Bemerkungen
130	W. Jewitt & Co., Liverpool	S 10″	..	..	..	..	1	..	..	..	
131	W. Ihlder & Co., Bremerhaven	S 10″	6	1	2	..	1	3	..	..	
		O 30″	2	..	1	..	..	1	..	..	
132	R. Imme, Berlin	S 10″	50	4	18	8	19	5	1	2	1 Gläser.
		O 30″	4	..	..	..	..	4	..	..	3 Elfenbeinthlg. in Messingf. und
133	J. Imray, London	S 10″	1	..	1	..	..	..	..	..	[1 Elfenbeinthlg. in Ebenholzf.
		O 15″	1	..	1	..	..	..	..	..	
134	Imray & Son, London	S 10″	1	..	.	1	..	..	..	..	
		S 15″	1	..	..	..	..	1	1	..	Elfenbeintheilung in Messingfass.
		O 30″	1	..	..	..	..	1	..	..	Elfenbeintheilung in Messingfass.
135	A. Johannsen, London	S 15″	2	..	1	..	1	..	..	..	
136	A. Johannsen & Co., London	S 10″	8	..	2	2	3	1	1	1	
		H 30″	3	..	..	1	2	..	1	..	
		O 30″	1	..	..	..	1	..	..	..	
137	Th. Jones, Liverpool	S 10″	2	..	..	2	..	..	..	..	
		S 15″	2	..	1	1	..	..	..	..	
		S 30″	..	..	..	..	1	..	..	..	
138	Jones & Co., London	S 15″	1	..	1	..	..	..	..	1	
139	Jones, Gray & Keen, Liverpool	O 30″	1	..	..	..	1	..	..	..	
140	Joughin, London	S 10″	1	..	..	..	1	..	..	..	
141	E. Jünger, Kopenhagen	S 20″	7	..	..	2	5	..	3	..	
142	Keehan, London	S 15″	1	..	1	..	..	..	..	..	
143	Keen & Frodsham, Liverpool	S 10″	9	..	1	2	5	1	..	..	
		O 15″	2	..	1	..	1	..	..	..	
144	De Kemel, brothers, Antwerpen	S 10″	2	..	..	..	2	..	..	..	
		O 30″	1	..	..	..	..	1	..	..	Elfenbeintheilung in Messingfass.
145	J. M. Kleman & Ivon, Amsterdam	S 10″	1	..	..	..	..	1	..	..	
		S 20″	5	..	..	..	5	..	..	2	
146	Knill & Downy, London	S 10″	1	..	..	..	1	..	..	..	
147	Knobloch, Bremerhaven	S 10″	3	..	..	..	2	1	..	..	
148	A. Kosbü, Hamburg	S 10″	2	..	1	..	1	..	..	..	
149	J. Kosbü, Hamburg	S 10″	20	6	6	2	12	..	1	..	1 Gl.
		S 15″	11	..	4	2	5	..	..	..	
		H 15″	2	..	1	..	1	..	..	..	
		H 30″	2	..	..	..	..	2	..	..	1 Gl.
		O 30″	2	..	..	..	1	1	..	..	1 Elfenbeinthlg. in Ebenholzfass.
		O 1′	5	1	1	..	2	2	..	..	1 Elfenbeinthlg. in Ebenholzfass.
150	Koschau, London	S 15″	1	..	..	..	1	..	..	..	
151	E. Kroft, Valparaiso	S 10″	1	..	..	..	1	..	..	.	
152	J. C. Krohn, Bergen	S 10″	1	..	..	..	1	..	1	..	
153	Kuhlo & Bonzel, Berlin und Stettin	S 10″	3	..	1	1	1	..	1	..	
		O 30″	2	..	1	..	1	..	..	..	
154	D. W. Laird, Leith	S 10″	1	..	..	..	1	..	..	..	
155	E. Langford, Bristol	S 10″	1	..	..	..	..	1	1	1	
		O 15″	3	..	..	1	2	..	..	..	
156	D. Lapraik, Hongkong	S 10″	2	..	..	..	1	1	1	..	1 Gl.
157	V. M. Lepetit, Havre	O 15″	2	..	1	..	..	1	1	..	
158	V. Lietzau, Danzig	H 15″	2	..	..	..	1	1	..	..	
		O 30″	2	..	1	..	1	..	.	..	
159	Lilley, London	S 10″	1	..	..	..	1	..	..	..	
		S 15″	1	..	1	..	..	..	..	..	
160	F. Limbeck, Hull	S 10″	1	..	..	..	1	..	..	..	
161	Linau & Son, London	S 10″	1	..	..	1	..	..	1	..	
162	J. Lohmeyer, Hamburg	S 10″	1	..	..	1	..	..	..	..	
163	W. Longford, Bristol	O 30″	1	..	..	..	..	1	..	..	

Digitized by Google

No.	Verfertiger	Instrumente: Art und Theilung	Anzahl	mehrfach geprüft	Exzentrizität 2ε: 0″	< 35″	36″ bis 180″	> 180″	Spiegelfehler	unsichere Axe	Bemerkungen
164	E. Lorieux, Paris	S 10″	5	..	1	2	2	..	..	..	
165	R. Love, Greenock	H 15″	1	..	1	..	..	..	.	..	1 Gl.
166	G. Lowther, Newcastle	O 15″	6	1	1	..	..	5	..	2	
167	O. Lowther, N. Shields	O 15″	1	..	..	..	1	..	..	..	
168	O. Luckau, Hamburg	S 10″	3	..	.	..	2	1	..	..	
169	W. Ludolph, Bremerhaven	S 10″	58	2	15	3	34	6	1	8	2 Gl.
		S 15″	5	..	..	..	4	1	1	1	
		S 20″	1	..	..	..	..	1	..	..	Elfenbeinlimbus in Messing.
		H 15″	4	1	..	..	4	..	1	1	
		H 30″	1	..	1	..	..	..	..	..	
		O 15″	6	..	1	..	3	2	1	1	
		O 30″	3	..	..	1	1	1	..	..	2 Elfenbeinlimbus in Messingfass.
		O 1′	3	..	..	..	..	3	..	..	2 Elfenbeinlimbus in Messingfass.
170	D. Mac Gregor, Glasgow, Greenock, Liverpool und London	S 10″	4	1	1	..	2	1	2	..	
		S 15″	2	..	..	..	2	..	..	..	
		O 15″	1	..	1	..	..	..	..	.	
		O 30″	2	..	..	..	1	1	..	..	1 Elfenbeinlimbus in Messingfass.
171	Mac Millan & Talbot, London	S 10″	3	..	..	..	2	1	..	..	
		H 15″	3	..	..	1	2	..	..	..	
172	H. Macrai, London	S 15″	2	..	..	..	2	..	..	..	
173	G. Mager, Brake	S 10″	20	..	4	1	13	2	2	3	
		H 15″	6	..	2	..	2	2	1	..	
174	C. L. Malmsjo & Co., Göteborg	H 15″	1	..	..	..	1	..	1	.	
175	Marks & Son, Cardiff	O 1′	1	..	1	..	..	..	..	..	
176	Matthies & Bruns, Hamburg	S 10″	3	2	2	..	1	..	2	..	
177	Messer, London	S 10″	1	..	1	..	..	..	..	..	
		S 15″	1	..	..	..	1	..	..	..	
		S 30″	1	..	1	..	..	..	..	..	
		O 1′	1	..	..	..	..	1	..	..	Elfenbeinlimbus in Ebenholzfass.
178	Mewes, London	S 10″	1	..	..	1	..	..	..	..	
179	E. E. Meyer, Hamburg	S 10″	66	5	38	5	22	1	1	2	
		O 15″	4	..	3	..	1	..	.	..	
180	J. Michael, N. Shields	S 10″	1	..	..	1	..	..	..	1	
181	Mileson, London	H 30″	1	..	..	..	..	1	..	..	Elfenbeinlimbus in Ebenholzfass.
182	J. H. Minniece, Londonderry	O 15″	1	..	1	..	..	..	..	..	
183	J. P. Möller, London	S 10″	1	..	..	..	1	..	..	..	
		O 30″	1	..	..	..	..	1	..	..	Elfenbeinlimbus in Ebenholzfass.
184	F. M. Moore	O 20″	1	..	..	..	..	1	..	..	Elfenbeinlimbus in Messingfass.
		O 30″	1	..	..	..	..	1	..	..	Elfenbeinlimbus in Messingfass.
185	H. W. Moralee, North Shields	S 10″	1	..	..	..	1	..	1	..	
		O 15″	1	..	.	..	..	1	1	..	
		O 30″	2	..	..	..	..	2	..	..	1 Elfenbeinlimbus in Messingfass.
186	J. Morton, Sunderland	S 15″	1	..	..	..	1	..	1	..	Gl.
187	Murray, Aberdeen	S 15″	1	..	1	..	..	..	..	..	
188	Murray, Liverpool	O 30″	1	..	..	..	..	1	..	..	
189	Nairne & Blunt, London	S 10″	2	..	..	..	2	..	1	1	
190	Negretti & Zambra, London	S 10″	4	1	2	2	..	..	..	2	
191	Newcomb & Mansell, Liverpool	S 10″	1	..	1	..	..	..	..	..	
192	Newton brothers, Hull	S 10″	1	..	..	..	..	..	1	..	
193	J. Nobbe, Hongkong	S 10″	1	..	1	..	..	..	..	..	kl. Spiegel.
194	W. Noor, Kopenhagen	S 10″	1	..	..	..	..	1	..	..	
195	J. W. Norie & Co., London	S 10″	4	1	1	1	2	..	..	1	
		S 15″	5	2	..	..	5	..	2	..	
		H 10″	1	..	..	1	..	..	..	..	
		H 15″	1	..	..	..	1	..	1	..	

Digitized by Google

No.	Verfertiger	Instrumente			Exzentrizität 2ε				Spiegelfehler	unsichere Axe	Bemerkungen
		Art und Theilung	Anzahl	mehrfach geprüft	0″	< 35″	36″ bis 180″	> 180″			
196	Norie & Wilson, London	S 10″	2	..	..	..	2	..	..	1	
197	Norris & Campbell	S 30″	1	..	..	..	..	1	..	.	Elfenbeinlimbus.
198	Nugent Wells, Newport	S 10″	1	..	..	..	..	1	..	1	
199	A. Oertling, Berlin	S 10″	41	4	8	6	21	6	2	..	1 Gl.
		S 15″	2	1	2	..	..	..	1	..	
		O 30″	5	2	2	..	3	..	1	..	
		O 1′	2	..	1	..	1	..	..	..	2 Elfenbeinlimbus, Ebenholz.
200	O. T. Olsen, Hamburg	O 30″	1	..	..	..	..	1	..	..	Elfenbeintheilung in Ebenholz.
201	J. Omer, London	S 10″	1	..	..	..	..	1	..	..	
		O 30″	1	..	..	..	..	1	..	..	Elfenbeintheilung in Ebenholz.
202	O. Owen Owens, Liverpool	O 20″	1	..	..	..	..	1	..	..	Elfenbeinthlg. in Messingfassung.
203	F. Palmen, Barrow	O 15″	1	..	..	..	..	1	..	..	
204	Parkinson & Frodsham	S 15″	2	..	2	..	..	..	..	..	
205	Parnell, London	S 10″	1	..	..	.	1	..	..	..	
		S 15″	1	..	..	..	..	1	..	..	Elfenbeintheilung in Ebenholz.
206	H. Petersen, Altona	S 10″	74	8	17	8	46	3	1	5	
		S 15″	6	..	..	..	5	1	..	..	
		H 15″	14	..	5	4	4	1	..	..	1 Gl.
		H 30″	3	..	1	..	..	2	..	..	Elfenbeinlimbus, Ebenholz.
		O 15″	1	..	..	..	1	..	1	1	
		O 30″	2	..	1	..	..	1	..	..	Ebenholz, Eltenbeinlimbus.
		O 1′	4	..	2	..	1	1	..	..	Ebenholz, Elfenbeinlimbus.
207	W. Petersen, Kopenhagen	S 20″	1	..	..	..	..	1	..	..	
208	A. Petri, Rostock	S 10″	9	1	4	2	3	..	..	1	
		S 15″	1	..	..	..	1	..	..	..	
		O 30″	3	..	3	..	..	..	..	..	
		O 1′	12	2	6	..	4	2	1	..	12 Elfenbeintheilung in Ebenholz.
209	Piers, Liverpool und London	S 10″	2	..	..	..	2	..	..	..	
210	Pistor & Martins, Berlin	S 10″	7	..	2	1	1	3	..	..	
211	Plaskelt, London	S 10″	3	1	..	1	2	..	3	2	
212	C. Plath, Hamburg	S 10″	755	125	576	61	112	6	..	12	
		S 15″	26	1	9	3	13	1	..	..	
		H 15″	173	16	125	8	35	5	..	..	
		O 30″	5	..	3	..	1	1	..	..	
		O 1′	6	..	..	3	1	2	..	..	1 Elfenbeinthlg. in Ebenholzfass.
213	J. Poole, London	S 10″	1	..	1	..	..	..	..	..	6 Elfenbeinthlg. in Ebenholzfass.
		O 30″	1	..	..	..	..	1	..	..	
214	Potter, London	S 10″	2	1	..	..	2	..	..	..	
215	F. Primavesi & Sons, Cardiff	S 10″	1	..	..	..	..	1	1	..	
		H 30″	1	..	..	..	..	1	..	..	
216	Pyott, London	S 10″	1	..	1	..	..	..	..	..	
217	G. Rahtjen, Bremen	S 10″	14	1	2	2	6	4	1	..	
		S 15″	9	..	1	2	4	2	1	1	
		H 15″	7	1	4	..	3	..	1	1	
		O 15″	5	..	3	1	1	..	1	1	1 Gl.
		H 30″	1	..	..	..	1	..	..	..	
		O 30″	4	..	..	1	..	3	1	..	3 Elfenbeintheilung in Ebenholz.
218	Ramsden, London	S 10″	1	..	..	..	1	..	..	1	
		S 15″	2	1	..	..	2	..	..	..	
219	C. Rank, Kopenhagen	S 30″	1	..	1	..	..	..	..	..	Elfenbeinthlg. in Messingfassung.
220	Rapheil, Marseille	O 20″	1	..	..	..	..	1	..	..	
221	Reid & Sons, Newcastle	S 10″	1	..	..	..	1	..	..	..	
222	Reynold & Wiggins, London	S 10″	2	..	..	..	..	2	1	..	
223	O. Richter	S 10″	1	..	..	1	..	..	..	..	

Digitized by Google

No.	Verfertiger	Instrumente			Exzentrizität 2ε				Spiegelfehler	unsichere Axe	Bemerkungen
		Art und Theilung	Anzahl	mehrfach geprüft	0″	< 35″	36″ bis 180″	> 180″			
224	Th. Roberts, Liverpool	S 10″	1	..	..	.	1	..	..	..	
225	J. Roosenboom, Amsterdam	S 15″	2	..	1	..	..	1	2	..	1 Gl.
226	José Rosell, Barcelona	S 15″	1	..	..	..	1	..	..	..	
227	Ross, London	S 10″	1	..	..	..	1	..	..	..	
228	Rösslein & Co., Hamburg	S 10″	1	..	1	..	..	..	..	..	
		S 30″	1	..	..	..	1	..	..	..	Elfenbeinthlg. in Ebenholzfassung.
		O 30″	1	..	..	..	..	1	..	..	
229	T. C. Sargent, London	O 15″	1	..	1	..	..	..	..	..	
		O 30″	1	..	..	..	..	1	..	..	Elfenbeintheilung in Ebenholz.
230	Schmalkalden, London	S 10″	1	..	1	..	..	..	..	..	
231	Schweig, Antwerpen	S 10″	2	1	..	..	2	..	..	..	
232	Schwarz, dit Lenoir Paris	S 10″	3	..	..	1	1	1	..	.	
		S 15″	1	..	..	..	..	1	..	..	
233	J. Scott	O 1′	1	..	..	..	1	..	..	..	Elfenbeintheilung, Ebenholz.
234	Seckel & Zoonen, Amsterdam	S 10″	1	..	1	..	..	..	..	..	
235	Secretan, Paris	S 10″	1	..	..	..	..	1	..	..	
236	J. Sewill, Liverpool	S 10″	7	1	..	..	7	..	2	1	
		S 15″	1	..	..	..	..	1	..	..	
		H 20″	1	..	..	1	..	..	1	1	
		O 30″	2	..	1	..	1	..	..	..	
237	Shaw	S 10″	1	..	..	..	1	..	..	..	
		H 15″	2	..	..	..	1	1	..	..	
238	C. Shepherd	S 10″	1	..	..	..	1	..	..	..	
		S 15″	1	..	1	..	..	..	..	..	
239	Silberad, London	S 10″	1	..	..	..	1	..	..	..	
240	A. Silo, Flensburg	S 10″	1	..	..	..	1	..	1	..	
241	Simpson, London	S 10″	1	..	..	..	..	1	..	..	
242	E. Smith, London	S 10″	1	..	..	..	1	..	..	1	
243	Somalvico & Son, London	S 10″	3	1	..	..	1	2	..	..	
		S 15″	1	..	..	..	1	..	..	..	
244	Spencer & Co., London	S 10″	1	..	1	..	..	..	..	..	
		O 20″	1	..	..	..	..	1	..	..	Elfenbeintheilung, Ebenholz.
245	Spencer, Barrett & Co., London	S 10″	3	..	1	..	2	..	..	..	
246	Spencer, Browning & Co., London	S 10″	20	1	3	2	8	7	3	1	
		S 15″	2	..	..	..	1	1	..	..	
		O 30″	3	..	..	1	1	1	..	1	1 Elfenbeintheilung, Messing.
247	Spencer, Browning & Rust, London	S 10″	4	..	2	..	1	1	..	..	
		S 15″	1	..	..	1	..	..	1	..	
		O 1′	1	..	..	1	..	..	..	..	Elfenbeintheilung, Ebenholz.
248	Spirelli & Mahier, Havre	S 15″	2	..	..	..	1	1	1	2	
249	Stackpole & brothers, Newyork	S 10″	1	..	..	..	1	..	..	..	
250	D. Stalker, Leith	S 30″	1	..	..	..	1	..	..	..	Elfenbeintheilung, Ebenholz.
		O 15″	3	1	..	..	1	2	..	..	
		O 30″	1	..	..	..	1	..	..	..	Elfenbeintheilung, Ebenholz.
251	J. Steele & Son, Liverpool	S 10″	1	..	..	1	..	..	..	1	
252	C. Stelling, Hamburg	O 15″	3	1	1	..	2	..	..	1	
253	C. Stepherd, London	S 10″	1	..	..	..	1	..	..	1	
254	W. Stewards, London	O 30″	2	..	2	..	..	..	..	..	
255	Street, London	S 10″	1	..	..	..	1	.	..	..	
256	Jac. Taylor, London	S 10″	5	..	..	1	4	..	1	..	
		S 15″	1	..	1	..	..	..	..	..	
		O 15″	2	1	2	..	..	..	..	..	
257	Mrs. Janet Taylor, London	S 10″	2	1	..	..	1	1	..	..	
		S 15″	1	..	..	..	..	1	..	..	
258	H. J. Thatcher, Cardiff	O 15″	1	..	..	..	1	..	..	..	

Digitized by Google

No.	Verfertiger	Instrumente: Art und Theilung	Instrumente: Anzahl	Instrumente: mehrfach geprüft	Exzentrizität 2ε: 0″	Exzentrizität 2ε: < 35″	Exzentrizität 2ε: 36″ bis 180″	Exzentrizität 2ε: > 180″	Spiegelfehler	unsichere Axe	Bemerkungen
259	C. Thomas, Flensburg	H 15″	1	..	..	..	1	..	1	1	
260	Thomas, Hull	H 15″	1	..	..	..	1	..	..	..	
261	Thomas & Williams, Newport	O 30″	1	..	..	..	..	1	1	..	Elfenbeintheilung, Messing.
262	Thülen & Buschmann	O 15″	1	..	..	1	..	..	1	..	
263	Troughton & Simms, London	S 10″	20	3	8	4	6	2	1	1	1 Gl.
		O 30″	1	..	..	..	..	1	..	..	Elfenbeintheilung, Ebenholz.
		T 1′	1	..	..	1	..	..	..	..	Taschensextant.
264	W. Trude, Bremen	S 10″	2	1	2	..	..	..	..	1	
265	D. Uffen, Emden	H 15″	1	..	..	..	1	..	1	..	
266	G. A. H. Upland	S 30″	1	..	..	..	..	1	..	..	Elfenbeintheilung, Ebenholz.
267	L. Vanderwoodt, Antwerpen	S 10″	2	..	1	1	..	..	1	1	
		O 30″	1	..	..	..	..	1	..	..	Elfenbeintheilung, Messingfassung.
268	F. Walker, London	S 10″	3	1	..	1	1	1	..	..	1 Gl.
		H 15″	1	..	..	1	..	..	..	..	
		S 30″	1	..	..	..	..	1	..	..	Elfenbeintheilung, Messingfassung.
269	J. G. Walker, Liverpool	S 10″	2	1	..	1	1	..	..	..	
270	M. Walker, Greenwich und Glasgow	S 10″	3	..	..	..	1	2	2	2	
271	J. Wall, London	S 10″	1	..	..	..	1	..	1	1	
		S 15″	2	1	..	1	..	1	..	..	
272	J. Wanschaff, Berlin	S 10″	10	2	1	4	5	..	..	1	
273	J. G. Weber, Hamburg	S 10″	2	..	1	..	1	..	..	..	
274	Th. Wegener, Berlin	S 10″	4	..	2	..	2	..	..	..	
		S 30″	6	..	6	..	..	..	..	..	
		O 30″	1	..	1	..	..	..	..	..	
275	H. Wehmann, Vegesack	S 10″	6	..	..	4	2	..	3	1	
		H 10″	1	..	..	..	..	1	..	..	
		H 15″	3	..	..	..	3	..	..	..	
		O 30″	2	..	..	..	..	2	..	..	1 Elf. u. Messing u. 1 Elf. u. Ebenh.
276	W. Weichert, Cardiff	S 10″	8	..	1	1	6	..	1	..	
		H 15″	2	1	..	..	2	..	..	1	
		O 30″	3	..	..	..	..	3	..	..	2 Elf. u. Messing u. 1 Elf. u. Ebenh.
277	N. Wells, Newport Mon	S 10″	1	..	..	..	..	1	..	..	
278	E. Wenkebach, Amsterdam	S 10″	1	..	..	..	..	1	..	..	
279	C. Whilbread, London	S 15″	1	..	1	..	..	..	..	..	
280	Whyte, Thomson & Co., Glasgow	S 10″	1	..	..	..	1	..	..	..	
281	J. G. Williams, Cardiff	S 15″	1	..	..	..	..	1	1	..	
282	T. J. Williams, Bristol	S 10″	1	..	..	..	1	..	..	..	
283	T. J. Williams, Cardiff	H 15″	2	..	..	..	1	1	.	..	
		O 30″	1	..	..	..	..	1	..	..	Elfenbeintheilung, Messing.
284	W. R. Williams, Newport	O 30″	1	..	..	..	..	1	..	..	
285	Th. Wilson, Grangemouth	O 30″	3	2	..	..	..	3	..	..	Elfenbein, Messing.
286	Winter, Newcastle on Tyne	S 10″	1	..	..	..	1	..	..	..	
287	J. Wise, Hull	O 30″	1	..	..	..	..	1	..	..	
288	B. Wood, Liverpool	S 15″	2	..	..	..	2	..	1	..	
289	Woolf, Liverpool	S 10″	1	..	..	..	1	..	..	..	
290	A. J. Word, Liverpool	S 10″	1	..	..	..	1	..	..	..	

Digitized by Google

Wichtigste Literatur.

Bohnenberger, J. G. F. Anleitung zur geographischen Ortsbestimmung vorzüglich mittelst der Spiegel-Sextanten. Göttingen 1795. Neu bearbeitet von G. A. Jahn, Göttingen 1852.

Encke, J. F. „Ueber den Spiegel-Sextanten." Berliner astronomisches Jahrbuch 1830; auch „Gesammelte Abhandlungen." Berlin 1889. Bd. III.

Eylert, H. „Der Sextant." Aus dem Archiv der Deutschen Seewarte. IV. Jahrgang. Hamburg 1881.

Gruey, L. „Sur la rectification complète du sextant." Compt. rend. Bd. 93 und 108. (Vgl. auch Zeitschrift für Instrumentenkunde. I. Jahrgang 1881.)

— „Sur les constantes du grand miroir du sextant." Bulletin astronomique, 1886. Bd. III. p. 5 (auch Compt. rend. Bd. 100).

— „Sur quelques points de la théorie du sextant." Compt. rend. Bd. 108.

— „La formule générale de Encke pour les erreurs de rectification du sextant." Bulletin astronomique. 1893. Bd. X. p. 169.

Koldewey, C. „Beschreibung eines Apparates zur Bestimmung des Exzentrizitätsfehlers des Sextanten." Annalen der Hydrographie und maritimen Meteorologie. Jahrg. XX. 1892. S. 261.

Ferner die Lehrbücher:

Brünnow, F. Lehrbuch der sphärischen Astronomie. 4. Aufl. Berlin 1881.

Sawitsch, A. Abriss der praktischen Astronomie. Uebersetzt von C. F. W. Peters, Leipzig 1879.

Chauvenet, W. Manual of spherical and practical Astronomy, Philadelphia.

Herr, J. Ph. Lehrbuch der sphärischen Astronomie. Wien 1887.

Jordan, W. Grundzüge der astronomischen Zeit- und Ortsbestimmung. Berlin 1885.

Schaub, F. Leitfaden für den Unterricht in der Nautischen Astronomie. 2. Aufl. Wien 1860.

Magnaghi, G. B. Gli strumenti a riflessione per misurare angoli. Milano 1875.

Peter, B. Anleitung zur Anstellung geographischer Ortsbestimmungen auf Reisen, mit Hilfe des Sextanten und Prismenkreises. Mittheilungen des Vereins für Erdkunde in Leipzig 1880.

Lehrbuch der Navigation; herausgegeben vom Reichs-Marine-Amt. Berlin 1901.

Für die technische Ausführung:

Hunäus, G. Chr. K. Die geometrischen Instrumente u. s. w. Hannover 1864.

Kaiser, P. J. Theorie en beschrijving der . . . . zeewartkundige werktuigen. Deel II. Leiden 1883.

Kayser, E. Ueber die Bestimmung der Fehler des Spiegel-Sextanten und seine Erweiterung zum Messen aller Winkel. 2. Tfln. Schriften der Naturforschenden Gesellschaft in Danzig. N. F. VIII, 1892.

Ambronn, L. Handbuch der astronomischen Instrumentenkunde. Berlin 1899.

Digitized by Google

$\sin(a-p)+\sin p.$

Oberes Zeichen	p	Unteres Zeichen	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	100°	110°	120°
0	180°		±0.087	±0.174	±0.259	±0.342	±0.423	±0.500	±0.574	±0.643	±0.707	±0.766	±0.819	±0.866
1	181		.087	.174	.259	.342	.425	.502	.577	.647	.712	.772	.826	.874
2	182		.087	.174	.260	.343	.426	.504	.580	.651	.717	.778	.833	.882
3	183		.087	.174	.260	.344	.427	.506	.583	.655	.722	.784	.840	.890
4	184		.087	.174	.261	.345	.428	.508	.585	.658	.726	.789	.847	.898
5	185		.087	.174	.261	.346	.429	.510	.587	.661	.730	.794	.853	.906
6	186		.087	.174	.261	.346	.430	.512	.589	.664	.734	.799	.859	.913
7	187		.087	.174	.261	.347	.431	.513	.591	.667	.738	.804	.865	.920
8	188		.087	.174	.261	.347	.431	.514	.593	.670	.741	.808	.871	.927
9	189		.087	.174	.261	.347	.432	.515	.595	.672	.744	.812	.876	.934
10	190		.086	.174	.261	.347	.432	.516	.596	.674	.747	.816	.881	.940
11	191		.086	.173	.261	.347	.432	.516	.597	.676	.750	.820	.886	.946
12	192		.086	.173	.260	.347	.432	.517	.598	.678	.753	.823	.890	.951
13	193		.086	.172	.260	.347	.432	.517	.599	.679	.755	.826	.894	.956
14	194		.085	.172	.259	.346	.432	.518	.600	.680	.757	.829	.898	.961
15	195		.085	.172	.259	.346	.432	.518	.601	.681	.759	.832	.902	.966
16	196		.085	.171	.258	.345	.432	.518	.602	.682	.761	.834	.905	.970
17	197		.084	.170	.258	.344	.431	.517	.602	.683	.762	.836	.908	.974
18	198		.084	.170	.257	.343	.431	.517	.602	.683	.763	.838	.911	.978
19	199		.084	.169	.256	.342	.430	.516	.602	.684	.764	.840	.914	.982
20	200		.083	.168	.255	.342	.429	.516	.601	.684	.765	.842	.916	.985
21	201		.083	.168	.254	.341	.428	.515	.600	.684	.765	.843	.918	.988
22	202		.082	.167	.253	.340	.427	.514	.599	.683	.766	.844	.920	.990
23	203		.082	.166	.252	.339	.426	.513	.598	.683	.766	.844	.921	.992
24	204		.081	.165	.251	.337	.425	.512	.597	.682	.765	.845	.922	.994
25	205		.081	.164	.249	.335	.423	.510	.596	.681	.765	.845	.923	.996
26	206		.080	.163	.248	.334	.421	.508	.595	.680	.764	.845	.923	.997
27	207		.079	.162	.247	.332	.419	.506	.593	.679	.763	.844	.924	.998
28	208		.079	.160	.245	.330	.417	.504	.591	.678	.762	.844	.924	0.999
29	209		.078	.159	.243	.328	.415	.502	.589	.676	.761	.843	.923	1.000
30	210		.077	.158	.241	.326	.413	.500	.587	.674	.759	.842	.923	1.000
31	211		.077	.157	.240	.324	.411	.498	.585	.672	.757	.840	.922	1.000
32	212		.076	.155	.238	.322	.409	.495	.583	.670	.755	.838	.921	0.999
33	213		.075	.154	.236	.320	.406	.492	.580	.667	.753	.836	.920	.998
34	214		.074	.152	.234	.318	.403	.489	.577	.664	.750	.834	.918	.997
35	215		.074	.151	.232	.315	.400	.486	.574	.661	.747	.832	.916	.996
36	216		.073	.149	.230	.313	.397	.483	.571	.658	.744	.829	.914	.993
37	217		.072	.148	.228	.310	.394	.480	.568	.655	.741	.826	.911	.992
38	218		.071	.146	.226	.307	.391	.477	.564	.651	.738	.823	.908	.990
39	219		.070	.144	.223	.304	.388	.473	.560	.647	.734	.820	.905	.988
40	220		.069	.143	.220	.301	.384	.469	.556	.643	.730	.816	.902	.985
41	221		.068	.141	.218	.298	.381	.465	.552	.639	.726	.812	.898	.982
42	222		.067	.139	.216	.295	.377	.461	.548	.635	.722	.808	.894	.978
43	223		.066	.137	.213	.292	.373	.457	.543	.630	.717	.804	.890	.974
44	224		.065	.135	.210	.288	.369	.453	.538	.625	.712	.799	.886	.970
45	225°		±0.064	±0.134	±0.207	±0.284	±0.365	±0.448	±0.533	±0.620	±0.707	±0.794	±0.881	±0.966

Digitized by Google

$\sin(a-p)+\sin p$.

Oberes Zeichen	p	Unteres Zeichen	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	100°	110°	120°
45°		225°	±0.064	±0.134	±0.207	±0.284	±0.365	±0.448	±0.533	±0.620	±0.707	±0.794	±0.881	±0.966
46		226	.063	.132	.204	.281	.361	.444	.528	.615	.702	.789	.876	.961
47		227	.062	.130	.201	.278	.357	.439	.523	.610	.697	.784	.871	.956
48		228	.061	.127	.198	.274	.352	.434	.518	.604	.691	.778	.865	.951
49		229	.060	.125	.195	.270	.348	.429	.513	.598	.685	.772	.859	.946
50		230	.059	.123	.192	.266	.343	.424	.507	.592	.679	.766	.853	.940
51		231	,058	.121	.189	.262	.339	.419	.501	.586	.673	.760	.847	.934
52		232	.057	.119	.186	.258	.334	.414	.495	.580	.667	.753	.840	.927
53		233	.056	.117	.183	.254	.329	.409	.489	.574	.660	.746	.833	.920
54		234	.054	.114	.180	.250	.324	.403	.483	.567	.653	.739	.826	.913
55		235	.053	.112	.176	.246	.319	.397	.477	.560	.646	.732	.819	.906
56		236	.052	.110	.173	.242	.314	.391	.471	.553	.639	.724	.811	.898
57		237	.051	.107	.170	.238	.309	.385	.464	.546	.631	.716	.803	.890
58		238	.049	.105	.167	.233	.304	.379	.457	.539	.623	.708	.795	.882
59		239	.048	.102	.163	.228	.298	.373	.450	.532	.615	.700	.787	.874
60		240	.047	.100	.159	.223	.292	.366	.443	.524	.607	.692	.779	.866
61		241	.046	.097	.156	.219	.287	.360	.436	.516	.599	.683	.770	.857
62		242	.044	.095	.152	.214	.281	.354	.429	.508	.591	.674	.761	.848
63		243	.043	.092	.148	.209	.275	.347	.422	.500	.582	.665	.752	.839
64		244	.042	.090	.144	.204	.269	.340	.414	.492	.573	.656	.743	.829
65		245	.040	.087	.140	.199	.263	.333	.406	.484	.564	.647	.733	.819
66		246	.039	.084	.136	.194	.257	.326	.398	.476	.555	.638	.723	.809
67		247	.038	.082	.132	.189	.251	.319	.390	.467	.546	.628	.713	.799
68		248	.036	.079	.128	.184	.245	.312	.382	.458	.537	.618	.703	.788
69		249	.035	.076	.124	.179	.239	.305	.374	.449	.527	.608	.692	.777
70		250	.033	.074	.120	.174	.233	.297	.366	.440	.517	.598	.681	.766
71		251	.032	.071	.116	.169	.227	.290	.358	.431	.507	.587	.670	.755
72		252	.031	.068	.112	.164	.221	.283	.350	.422	.497	.576	.659	.743
73		253	.029	.065	.108	.159	.214	.275	.341	.412	.487	.565	.648	.731
74		254	.028	.062	.104	.153	.207	.267	.332	.402	.477	.554	.636	.719
75		255	.026	.060	.100	.147	.200	.259	.323	.392	.466	.543	.624	.707
76		256	.024	.057	.096	.142	.194	.251	.314	.382	.455	.532	.612	.695
77		257	.023	.054	.092	.137	.187	.243	.305	.372	.444	.521	.600	.682
78		258	.022	.051	.088	.131	.180	.235	.296	.362	.433	.509	.588	.669
79		259	.020	.048	.084	.125	.173	.227	.287	.352	.422	.497	.575	.656
80		260	.019	.045	.079	.119	.166	.219	.278	.342	.411	.485	.562	.643
81		261	.017	.042	.075	.114	.159	.211	.269	.332	.400	.473	.549	.630
82		262	.016	.039	.071	.108	.152	.203	.260	.322	.389	.461	.536	.616
83		263	.014	.036	.066	.102	.145	.195	.250	.311	.377	.449	.523	.602
84		264	.013	.033	.061	.096	.138	.186	.240	.300	.365	.436	.510	.588
85		265	.011	.030	.056	.090	.130	.177	.230	.289	.353	.423	.496	.574
86		266	.010	.027	.052	.084	.123	.169	.221	.278	.341	.410	.482	.560
87		267	.008	.024	.048	.078	.116	.161	.211	.267	.329	.397	.468	.545
88		268	.007	.021	.044	.072	.109	.152	.201	.256	.317	.384	.454	.530
89		269	.005	.018	.039	.066	.102	.143	.191	.245	.305	.371	.440	.515
90°		270°	±0.004	±0.015	±0.034	±0.060	±0.094	±0.134	±0.181	±0.234	±0.293	±0.357	±0.426	±0.500

Digitized by Google

$\sin.(a-p)+\sin p.$

Oberes Zeichen	p	Unteres Zeichen	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	100°	110°	120°
90°	270°		±0.004	±0.015	±0.034	±0.060	±0.094	±0.134	±0.181	±0.234	±0.293	±0.357	±0.426	±0.500
91	271		.003	.012	.030	.054	.087	.126	.171	.223	.281	.344	.412	.485
92	272		.001	.009	.026	.048	.080	.117	.161	.212	.269	.331	.398	.470
93	273	∓	.001	.006	.021	.042	.072	.108	.151	.200	.256	.317	.383	.455
94	274		.003	.003	.016	.036	.064	.099	.141	.189	.243	.303	.368	.439
95	275		.004	.000	.011	.030	.056	.090	.130	.177	.230	.289	.353	.423
96	276		.005	∓	.003	.007	.024	.049	.081	.120	.166	.218	.275	.338	.407
97	277		.007	.006	.003	.018	.042	.072	.110	.155	.205	.261	.323	.391
98	278		.008	.009	∓	.003	.012	.035	.063	.100	.143	.192	.247	.308	.375
99	279		.010	.012	.007	.006	.027	.054	.089	.131	.179	.233	.293	.359
100	280		.011	.015	.011	.000	.019	.045	.078	.119	.166	.219	.278	.342
101	281		.013	.018	.016	∓	.006	.012	.036	.068	.108	.153	.205	.263	.326
102	282		.014	.021	.021	.012	.004	.027	.058	.096	.140	.191	.248	.310
103	283		.016	.024	.026	.018	∓	.004	.018	.048	.084	.127	.177	.232	.293
104	284		.017	.027	.030	.024	.012	.009	.037	.072	.114	.162	.216	.276
105	285		.019	.030	.034	.030	.019	.000	.026	.060	.100	.147	.200	.259
106	286		.020	.033	.039	.036	.027	∓	.009	.016	.048	.087	.133	.184	.242
107	287		.022	.036	.044	.042	.035	.018	.005	.036	.074	.119	.168	.225
108	288		.023	.039	.048	.048	.042	.027	∓	.005	.024	.061	.104	.152	.208
109	289		.024	.042	.052	.054	.049	.036.	.016	.012	.047	.089	.136	.191
110	290		.026	.045	.056	.060	.056	.045	.026	.000	.033	.074	.120	.174
111	291		.028	.048	.061	.066	.064	.054	.037	∓	.012	.020	.060	.104	.157
112	292		.029	.051	.066	.072	.072	.063	.048	.024	.007	.045	.088	.140
113	293		.031	.054	.071	.078	.080	.072	.058	.036	∓	.007	.030	.072	.123
114	294		.032	.057	.075	.084	.087	.081	.068	.048	.020	.015	.056	.105
115	295		.033	.060	.079	.090	.094	.090	.078	.060	.033	.000	.040	.087
116	296		.035	.062	.084	.096	.102	.099	.089	.072	.047	∓	.015	.024	.070
117	297		.036	.065	.088	.102	.109	.108	.100	.084	.061	.030	.008	.053
118	298		.038	.068	.092	.108	.116	.117	.110	.096	.074	.045	∓	.008	.036
119	299		.039	.071	.096	.114	.123	.126	.120	.108	.087	.060	.024	.018
120	300		.040	.074	.100	.119	.130	.134	.130	.119	.100	.074	.040	.000
121	301		.042	.076	.104	.125	.138	.143	.141	.131	.114	.089	.056	∓	.018
122	302		.043	.079	.108	.131	.145	.152	.151	.143	.127	.104	.072	.036
123	303		.044	.082	.112	.137	.152	.161	.161	.155	.140	.119	.088	.053
124	304		.046	.084	.116	.142	.159	.169	.171	.166	.153	.133	.104	.070
125	305		.047	.087	.120	.147	.166	.177	.181	.177	.166	.147	.120	.087
126	306		.048	.090	.124	.153	.173	.186	.191	.189	.179	.162	.136	.105
127	307		.049	.092	.128	.159	.180	.195	.201	.200	.192	.177	.152	.123
128	308		.051	.095	.132	.164	.187	.203	.211	.212	.205	.191	.168	.140
129	309		.052	.097	.136	.169	.194	.211	.221	.223	.218	.205	.184	.157
130	310		.053	.100	.140	.174	.200	.219	.230	.234	.230	.219	.200	.174
131	311		.054	.102	.144	.179	.207	.227	.240	.245	.243	.233	.216	.191
132	312		.056	.105	.148	.184	.214	.235	.250	.256	.256	.247	.232	.208
133	313		.057	.107	.152	.189	.221	.243	.260	.267	.269	.261	.248	.225
134	314		.058	.110	.156	.194	.227	.251	.269	.278	.281	.275	.263	.242
135°	315°		∓0.059	∓0.112	∓0.159	∓0.199	∓0.233	∓0.259	∓0.278	∓0.289	∓0.293	∓0.289	∓0.278	∓0.259

Digitized by Google

$\sin(a-p)+\sin p.$

Oberes Zeichen	p	Unteres Zeichen	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	100°	110°	120
135°		315°	∓0.059	∓0.112	∓0.159	∓0.199	∓0.233	∓0.259	∓0.278	∓0.289	∓0.293	∓0.289	∓0.278	∓0.2
136		316	.060	.114	.163	.204	.239	.267	.287	.300	.305	.303	.293	.2
137		317	.061	.117	.167	.209	.245	.275	.296	.311	.317	.317	.308	.2
138		318	.062	.119	.170	.214	.251	.283	.305	.322	.329	.331	.323	.3
139		319	.063	.121	.173	.219	.257	.290	.314	.332	.341	.344	.338	.3
140		320	.064	.123	.176	.223	.263	.297	.323	.342	.353	.357	.353	.3
141		321	.065	.125	.180	.228	.269	.305	.332	.352	.365	.371	.368	.3
142		322	.066	.127	.183	.233	.275	.312	.341	.362	.377	.384	.383	.3
143		323	.067	.130	.186	.238	.281	.319	.350	.372	.389	.397	.398	.3
144		324	.068	.132	.189	.242	.287	.326	.358	.382	.400	.410	.412	.4
145		325	.069	.134	.192	.246	.292	.333	.366	.392	.411	.423	.426	.4
146		326	.070	.135	.195	.250	.298	.340	.374	.402	.422	.436	,440	.4
147		327	.071	.137	.198	.254	.304	.347	.382	.412	.433	.449	.454	.4
148		328	.072	.139	.201	.258	.309	.354	.390	.422	.444	.461	.468	.4
149		329	.073	.141	.204	.262	.314	.360	.398	.431	.455	.473	.482	.4
150		330	.074	.143	.207	.266	.319	.366	.406	.440	.466	.485	.496	.5
151		331	.074	.144	.210	.270	.324	.373	.414	.449	.477	.497	.510	.5
152		332	.075	.146	.213	.274	.329	.379	.422	.458	.487	.509	.523	.5
153		333	.076	.148	.216	.278	.334	.385	.429	.467	.497	.521	.536	.5
154		334	.077	.149	.218	.281	.339	.391	.436	.476	.507	.532	.549	.5
155		335	.077	.151	.220	.284	.343	.397	.443	.484	.517	.543	.562	.5
156		336	.078	.152	.223	.288	.348	.403	.450	.492	.527	.554	.575	.5
157		337	.079	.154	.226	.292	.352	.409	.457	.500	.537	.565	.588	.6
158		338	.079	.155	.228	.295	.357	.414	.464	.508	.546	.576	.600	.6
159		339	.080	.157	.230	.298	.361	.419	.471	.516	.555	.587	.612	.6
160		340	.081	.158	.232	.301	.365	.424	.477	.524	.564	.598	.624	.6
161		341	.081	.159	.234	.304	.369	.429	.483	.532	.573	.608	.636	.6
162		342	.082	.160	.236	.307	.373	.434	.489	.539	.582	.618	.648	.6
163		343	.082	.162	.238	.310	.377	.439	.495	.546	.591	.628	.659	.6
164		344	.083	.163	.240	.313	.381	.444	.501	.553	.599	.638	.670	.6
165		345	.083	.164	.241	.315	.384	.448	.507	.560	.607	.647	.681	.7
166		346	.084	.165	.243	.318	.388	.453	.513	.567	.615	.656	.692	.7
167		347	.084	.166	.245	.320	,391	.457	.518	.574	.623	.665	.703	.7
168		348	.084	.167	.247	.322	.394	.461	.523	.580	.631	.674	.713	.7
169		349	.085	.168	.248	.324	.397	.465	.528	.586	.639	.683	.723	.7
170		350	.085	.168	.249	.326	.400	.469	,533	.592	.646	.692	.733	.7
171		351	.085	.169	.251	.328	.403	.473	.538	.598	.653	.700	.743	.7
172		352	.086	.170	.252	.330	.406	.477	.543	.604	.660	.708	.752	.7
173		353	.086	.170	.253	.332	.409	.480	.548	.610	.667	.716	.761	.7
174		354	.086	.171	.254	.334	.411	.483	.552	.615	.673	.724	.770	.8
175		355	.086	.172	.255	.335	.413	.486	.556	.620	.679	.732	.779	.8
176		356	.087	.172	.256	.337	.415	.489	.560	.625	.685	.739	.787	.8
177		357	.087	.172	.257	.339	.417	.492	.564	.630	.691	.746	.795	.8
178		358	.087	.173	.258	.340	.419	.495	.568	.635	.697	.753	.803	.8
179		359	.087	.173	.258	.341	.421	.498	.571	.639	.702	.760	.811	.8
180°		360°	∓0.087	∓0.174	∓0.259	∓0.342	∓0.423	∓0.500	∓0.574	∓0.643	∓0.707	∓0.766	∓0.819	∓0.8

Digitized by Google

AUS DEM
ARCHIV DER DEUTSCHEN SEEWARTE.
XXV. Jahrgang 1902.
Herausgegeben von der Direktion der Seewarte.

No. 5.

Neubearbeitung der nordatlantischen Wetterausschau.

Dampferkarte für Februar und März 1902

(nebst der Karten-Anlage für März 1902).

Von

Dr. **von Neumayer.**

HAMBURG 1902.

Gedruckt bei Hammerich & Lesser in Altona.

Digitized by Google

Digitized by Google

No. 5.

Neubearbeitung der nordatlantischen Wetterausschau.

Dampferkarte für Februar und März 1902

(nebst der Karten-Anlage für März 1902).

Von Dr. **von Neumayer.**

Als im Dezember 1900 man von allen Seiten in nautischen Kreisen darauf hinstrebte, eine Monatskarte herauszugeben, die wesentlich den im Dienste auf dem nordatlantischen Ozean befindlichen Dampfern dienstbar zu sein hätte, beschäftigte sich die Direktion eingehend mit der Frage, wie dieselbe zu gestalten sein würde, damit den Anforderungen Rechnung getragen werden könnte. Die Direktion, von einer strengen Anforderung an eine Ueberseglerkarte oder eigentlich eine für die Zwecke der Navigirung bestimmten Karte ausgehend, konnte bei den ihr zur Verfügung stehenden Mitteln nicht daran denken, eine den erwähnten Anforderungen entsprechende Karte in grösserem Maassstabe herauszugeben. Da es sich wesentlich darum handeln musste, die physikalischen Verhältnisse, die auf den Seeverkehr einen Einfluss haben müssen, zur Darstellung zu bringen, hat man nach dem seit vielen Jahren befolgten Systeme darauf Bedacht genommen, über diese Verhältnisse — sei es in tabellarischer oder in graphischer Form — zuverlässiges Material zu sammeln und in brauchbarer Weise zu ordnen, beziehungsweise zu verwerthen. Nachdem einmal auf diesem Wege, namentlich durch die ausgedehnte Quadratarbeit auf dem nordatlantischen Ozean, wichtiges Material zusammengetragen und gebrauchsfähig niedergelegt war, konnte es sich nur um die Form, in welcher die gestellte Aufgabe zu lösen war, handeln. Diese musste sich wesentlich nach den zur Verfügung stehenden Mitteln richten. Diese waren aber keineswegs genügend, um eine den weitgehenden Plänen entsprechende Veröffentlichung überhaupt nur in's Auge fassen zu können. Ausgerüstet mit allem, was zum Entwerfen einer zutreffenden, namentlich dem Dampferverkehr dienenden meteorologisch-hydrographischen Karte erforderlich war, trat die Direktion an die ihr gestellte Aufgabe heran, und war sie sich bewusst, dass diese in den bescheidensten Grenzen gehalten werden musste. Mit der Beihülfe und der Uebereinstimmung aller dabei in Frage kommenden Kräfte wurden alle Vorbereitungen so getroffen, dass die „Nordatlantische Wetterausschau“ am 1. Januar 1901 erscheinen konnte. Da eine neue Grundlage für diese Karte, die nach Ansicht der Direktion nicht als „Uebersegler“ zu dienen hatte, zunächst nicht erforderlich war, so konnten sich erhebliche Schwierigkeiten der Herstellung nicht in den Weg stellen, zumal die der Direktion der Seewarte zu Gebote stehenden lithographischen Mittel, die Steindruckpresse, zur Ausführung herangezogen werden konnte.

Es mag noch erwähnt werden, dass, da bei der vorhandenen lithographischen Presse ein verschiedenfarbiger Druck ausgeschlossen war, für's erste nur an Herstellung in Schwarzdruck gedacht werden konnte.

Im Laufe des Sommers 1899 wurde der Gedanke angeregt — namentlich von dem Königl. Preuss. Meteorol. Institut —, die ozeanischen Ergebnisse in regelmässigen und fortlaufend erscheinenden Dekaden-Berichten zusammenzufassen und namentlich Gewicht darauf zu legen, dass die Beziehungen der Meeres-Temperatur-Verhältnisse in dem westlichen Theile des Gebietes des nordatlantischen Ozeans zu den Witterungs-Vorgängen in West-Europa erforscht, und, wenn thunlich, klargelegt werden würden. So entstanden die seit Juli 1900 herausgegebenen Dekadenberichte, die von nun an einen integrirenden Theil der autographischen täglichen Wetterberichte der Seewarte darstellten. Dabei war von besonderem Werthe,

Digitized by Google

einmal die durch Dampfer gesammelten Beobachtungs-Ergebnisse und sodann namentlich auch auf den denselben beigegebenen Kärtchen die Verhältnisse physikalischer, meteorologischer und ozeanographischer Natur, innerhalb der in Rede stehenden Dekaden zur Darstellung zu bringen.

Es erschien nun wichtig, wenn überhaupt der Zweck dieser Veröffentlichung, die beiläufig gesagt, eine erhebliche Arbeitslast für die Seewarte bedeutete, erfüllt werden sollte, die Kärtchen für die Karte des Monats zu verwerthen. Wurden für eine Monatskarte die drei unmittelbar vorhergehenden Dekaden, also auch die neueste, zum Abdrucke gebracht, so ist es einleuchtend, dass die Monatskarte nicht lange vor dem Ende des betreffenden Monats erscheinen konnte, was ja in gewisser Hinsicht einen Nachtheil für den Werth der Veröffentlichung darstellt. Allein es erschien, unerachtet dieses ersichtlichen Nachtheiles, zweckmässig, im Hinblick auf den Versuch, ob daraus etwas für die Vorhersage der Witterung auf dem Gebiete des nordatlantischen Ozeans erwachsen könnte, an dem Grundsatze der Wiedergabe dieser Dekaden-Kärtchen festzuhalten.

Der erste Jahrgang der „Nordatlantischen Wetterausschau" erfreute sich unverkennbar bei seinem Erscheinen einer erheblichen Würdigung, wenn man sich auch nicht verhehlen konnte, dass dem weitgehenden, von einzelnen Seiten erstrebten Ziele kaum volle Rechnung getragen, das heisst ein volle Befriedigung gewährender Erfolg gesichert werden konnte.

Immer mehr trat die Forderung an maassgebender Stelle hervor, der Karte eine solche Grösse und einen solchen Umfang zu geben, dass dieselbe eine Segel- oder Ueberseglerkarte ersetzen könnte. Ueberzeugt, dass der Anforderung in dieser Richtung Rechnung getragen werden müsste, nahm die Direktion im September 1901 solche grundlegende Arbeiten auf, wie sie ihr als unabweisbar und unentbehrlich erschienen sind, um den Anforderungen an eine Karte der bezeichneten Art gerecht werden zu können. Schon seit geraumer Zeit überzeugt, dass eine gründliche Revision zunächst der Karten-Grundlage wünschenswerth sei, indem jeder der den kartographischen Erzeugnissen mit tieferem Verständnisse folgte, die sehr erheblichen Abweichungen zwischen den bestehenden, fast ausschliesslich als maassgebend erscheinenden Seekarten und den neueren Positions-Bestimmungen erkennen musste, und ferner dass die wünschenswerthe Uebereinstimmung hierin nicht bestehe, aber erstrebt werden müsse, und diesen Erwägungen Rechnung tragend hatte die Direktion schon seit Jahren — zunächst nur für die Zwecke der Segelhandbücher der grossen Ozeane — gründliche und kritisch geprüfte Verzeichnisse der geographischen Koordinaten für Küstenpunkte durch den Vorstand der Abtheilung IV der Seewarte, Herrn Professor Stechert, aufstellen lassen und diese verdienstvolle Arbeit nach und nach über die Küsten der ganzen Erde auszudehnen angeordnet. Durch die mittelst der telegraphischen Bestimmungen der geographischen Länge gebotene Sicherheit war es möglich geworden, viele Abweichungen zu konstatiren und in die Verzeichnisse geographischer Positionen, wie beispielsweise in jenes von Raper „Practice of Navigation", das in der Neubearbeitung durch Kapitän Hull R. N. zu einem hohen Grade der Vollkommenheit geführt worden ist, aufnehmen zu können. Die kartographische Niederlegung der Ergebnisse dieser Untersuchungen scheint aber mit den für die Verwerthung erforderlichen Arbeiten nicht gleichen Schritt gehalten zu haben, wie eine etwas in's Einzelne gehende Prüfung erweist. Mit einem Schein der Richtigkeit konnte hervorgehoben werden, dass es sich bei den den Zwecken der Navigirung dienenden Karten nicht um das Allergenaueste handelte, indem man nur den Bedürfnissen der praktischen Seefahrt Rechnung zu tragen hätte. Die Direktion nahm hierin jedoch einen verschiedenen Standpunkt ein, indem nach ihrer Meinung nur das genaueste gerade genau genug ist für die im Auge gehabten Zwecke der Navigirung, und begann, von diesem Gesichtspunkte ausgehend, die beabsichtigte Reform der nordatlantischen Wetterausschaukarte damit, dass sie die Grundkarte auf ihre vollständige, die strengste Forderung befriedigende Genauigkeit prüfte und eventuell berichtigte, wo es ihr unabweisbar erschien. Ohne Zweifel ist es das Einfachste, die als zuverlässig erachteten Karten zu kopiren; ob aber ein solches Verfahren der hohen maritimen Stellung einer Nation, wie es die deutsche ist oder doch erstrebt, entsprechend wäre, ist eine andere Frage.

Was war nun das Ergebniss der vorbezeichneten Prüfung zu Zwecken der Feststellung einer auf durchaus nach dem gegenwärtigem Stande unserer Kenntnisse sicheren Grundlage ruhenden Karte für den nordatlantischen Ozean?

Der langjährige Zeichner und Hülfsarbeiter der Seewarte, Hr. Heinr. Denys, führte unter Leitung des Direktors die ziemlich mühsame und zeitraubende Arbeit der in Rede stehenden Prüfung in den Ausser-Bureau-Stunden des Winters 1901/1902 aus, wodurch die Ueberzeugung gewonnen werden konnte, dass es

Digitized by Google

an der Hand des erwähnten, vorliegenden Materials wohl möglich sein würde, eine Berichtigung der Grundlage der Karte vorzunehmen. Die Direktion war sich dabei wohl bewusst, dass auf diesem Wege allein das Vollendetste wohl nicht erreicht werden konnte, glaubte aber doch den Versuch machen zu sollen und stellte eine Karte in Mercator's Projektion mit dem Aequatorial-Maassstab von 1 : 14 Million her, welche das Gebiet von 65° Nord-Breite bis 5° Süd-Breite, zwischen den Meridianen von 100° West-Länge und 10° Ost-Länge (Meridian von Hamburg) umfasste. Es ist hier nicht der Ort, auf die Gründe einzugehen, die bei der Wahl der Ausdehnung der Karte bestimmend wirkten; es wird dies bei einer andern Gelegenheit geschehen, da die Karte auch noch für einen weiteren Zweck Verwendung finden soll. Nur soviel sei jetzt schon gesagt, dass es im Interesse des Hochsee-Fischfangs und auch der unter Umständen gebotenen Wahl der Route für Segelschiffe „Nord um England" zweckmässig erschien, das darzustellende Gebiet bis zur Südspitze von Island auszudehnen, namentlich auch deshalb, weil der Tummelplatz der Depressionen, die unsere Nordatlantischen Witterungs-Verhältnisse beeinflussen, in jener Gegend gelegen ist.

Das Ergebniss der Untersuchung der Zuverlässigkeit der aus der Karte sich ergebenden Positionen in den vorzugsweise in Gebrauch befindlichen Karten, wenn verglichen mit den genauen Angaben in den erwähnten Verzeichnissen u. s. w. war kein durchaus befriedigendes. Namentlich ergab eine Zusammenstellung der Positionen einiger Punkte der amerikanischen Ostküste mit den Raper'schen und anderen Angaben Differenzen, die nach Auffassung der Direktion nicht ohne weiteres in neuere Arbeiten, die auf Genauigkeit Anspruch machen konnten, übergehen durften. Es wird davon Abstand genommen, die Ergebnisse der Untersuchung hier darzulegen; nur sei gestattet in einer hier folgenden Tabelle einen Vergleich der Angaben aus den Karten der englischen Küste mit Breiten-Angaben der exakten Verzeichnisse als Beispiele hier anzuführen:

Vergleichung geographischer Breiten-Angaben an der Südwest- und Südküste Irlands.

Ort	Raper	Br. Adm.-Karte 2060 *A*	Br. Pilot chart	Amer. Pilot chart
Kinsale Head . . .	51° 36.2′	51° 33′	51° 37′	51° 32′
Fastnet Rock . .	51 23.3	51 20	51 22	51 18
Mizen Head	51 27	51 23	51 27	51 22
Blaskett (Nord) .	52 6.7	52 3	52 3	52 5
Tearaght Rock .	52 4.5	52 0	52 2	52 0

Es geht daraus hervor, dass ganz erhebliche Unterschiede in den einzelnen Karten gegen das, was als das Richtige anzunehmen ist, selbst in Bezug auf die Breiten-Angaben bestehen, woraus man schon entnehmen mag, dass hinsichtlich der Längen-Angaben noch wesentlich grössere Unterschiede konstatirt werden könnten, sodass zur grössten Vorsicht gerathen werden muss. Gewiss ist bei dem Vergleich einzelner Karten in Erwägung zu ziehen, dass durch die Einwirkung des Druckes auf gewisse Papiergattungen Unterschiede unvermeidlich sind; allein das erklärt die aus obiger Tabelle ersichtlichen Abweichungen keineswegs. Auch darf man annehmen, dass eine Karte, die als Segel-Grundlage dienen soll, unter allen Umständen auf tadelloses Papier und unter Anwendung grösster Sorgfalt zu drucken ist.

Die britischen Admiralitäts-Karten 2060 *A* und *B*, die ersichtlicherweise als Grundlage der in Rede stehenden Karten benutzt wurden, mögen nun nur noch mit den neuesten Seekarten hinsichtlich der Lage einiger Küstenpunkte verglichen werden. Es mögen einige Beispiele unter vielen auch hier genügen:

a) **Süd- und Südwestküste von Irland.**

Hier zeigen sich Abweichungen in der Küstenlage bis 8 Seemeilen.

Fastnet Rock . . . . . 3′ zu südlich,
Dingle Bay . . . . . 6′–8′ „ „
Cork . . . . . 5′ „ östlich.

Verglichen wurde mit deutscher Admiralitätskarte No. 66 und britischer Admiralitätskarte 1824 *A* u. *B*.

Digitized by Google

b) Nordwestküste von Spanien und Portugal.

Die Nordwestküste von Spanien und Portugal ist ..... 4′ zu östlich,
Coruña ..... 10′ „ „
Finisterre ..... 3′ „ „

Die Küste zwischen Vigo und Oporto ist bis 6′ zu östlich und Cap Roca 6′ zu weit nach SSO. Verglichen wurde hier mit den britischen Admiralitätskarten 1053, 87 und 1226.

Soviel nur von den vielbesuchten Küstengebieten in Europa und nun noch einiges von den amerikanischen Küsten. Es wird hier Abstand genommen von der Mittheilung des Ergebnisses einer Untersuchung über die Positionen, wie sie sich aus Raper ergeben und in der „Pilot-chart of the North Atlantic Ozean“ U. S. enthalten sind; es sei nur konstatirt, dass einige Punkte sehr erhebliche Differenzen zeigen.

c) Küste von Florida.

Die Lage ist im allgemeinen die gleiche, wie gegenwärtig angenommen; jedoch ist die Landkontur beträchtlich anders geformt, wenn verglichen mit der britischen Admiralitätskarte 392. Es sind nämlich die tief einschneidenden Buchten an der Südwestseite auf der neueren Karte nicht vorhanden. Ferner liegen die westlichen Riffe an der Südseite 8′ zu südlich, wenn mit der obigen Karte verglichen.

d) Küste von Venezuela.

Hier sind Abweichungen von der britischen Admiralitätskarte 1966 nach allen Richtungen zu konstatiren; die grössten sind bei Maracaibo bis 10′,

Porto Cabello ..... 8′
La Guayra ..... 5′.

Es mag das hier angeführte genügen, um zur Vorsicht zu mahnen, wenn es sich darum handelt, eine Karte, etwa eine ältere, zur Grundlage für eine neu anzufertigende Karte, wie etwa die anzufertigende Monatskarte zu wählen.

Es wurde da, wo sich solche erhebliche Differenzen zeigten, nach kritischer Sichtung damit vorgegangen, die Konturen der betreffenden Gebiete thunlichst den genaueren Bestimmungen anzupassen; eine grössere Anzahl solcher Karten-Entwürfe wurden angefertigt, um sie alsdann in die Karte, die als Grundlage dienen sollte, einzutragen. Dass dabei mit der grössten Sorgfalt verfahren wurde, bedarf wohl kaum einer näheren Erklärung.

Auf diesem Wege entstand eine Karte in Mercators Projektion, die nach den neuesten Forschungen als zuverlässig und für die Benutzung als Segelkarte (Uebersegler) für tauglich bezeichnet werden durfte.

Bei einer anderen Gelegenheit soll noch näher auf diesen, für die praktische Navigirung so überaus wichtigen Gegenstand zurückgekommen und eine Auswahl der oben erwähnten korrigirten Landkonturen mitgetheilt werden. Hier handelt es sich nur darum darzuthun, was nach Ansicht der Direktion der Seewarte für die Gewinnung einer zuverlässigen Segelkarte unabweisbar ist und ferner zu bewirken, dass man auf die bestehenden Unsicherheiten in den Karten aufmerksam werde und dafür wirken möge, eine gründliche Remedur in der Herstellung dieses wichtigsten Hülfsmittels der praktischen Navigation herbeizuführen

Die auf dem beschriebenen Wege in Mercators Projektion dargestellte Karte im Aequatorial-Maassstabe von 1 : 14 Million (ungefähr) war wesentlich zu gross, um mit den der Direktion zu Gebote stehenden Mitteln hergestellt werden zu können. Nicht nur, dass die Kosten der Herstellung in Anbetracht der zur Verfügung stehenden Mittel zu erhebliche waren, standen auch der Direktion die Druck-Apparate (Lithographische Presse) von der dazu erforderlichen Grösse nicht zur Verfügung. Es musste sonach darauf Bedacht genommen werden, die angefertigte Karte so zu reduziren, dass sie auf der Druckerpresse der Seewarte hergestellt werden konnte. Hierzu war es nothwendig, die Karte in einem Maassstabe von 1 : 19 Million zu reduzieren, was durch den Photo-Lithographen, Herrn Otto Strumper, zur Zufriedenheit der Direktion ausgeführt worden ist. Im Monat Februar 1902 konnten denn auch bereits die ersten Drucke der Grundlage, auf der Presse der Seewarte fertiggestellt, vorgelegt werden. Allerdings war dies nur in Schwarzdruck möglich, da eine Einrichtung für den Druck in verschiedenen Farben, der nach den herrschenden allgemein bekannten Ansichten zu einem klaren Verständniss des Darzustellenden in einer Monatskarte erforderlich ist.

Digitized by Google

nicht zur Verfügung stand, dessen Beschaffung aber sobald die Mittel gewährt werden konnten, von der Direktion in's Auge gefasst wurde.

Da trat ein Ereigniss ein, das die Direktion veranlasste, mit allem Nachdruck darauf hinzuwirken, dass eine mehr den herrschenden Anforderungen entsprechende Monatskarte hergestellt werden konnte. Es war dies die Reise S. K. Hoheit des Prinzen Heinrich von Preussen nach den Vereinigten Staaten von Nord-Amerika, um im Auftrage S. M. des Kaisers den Tauf-Feierlichkeiten der neuen Yacht „Meteor" beizuwohnen. Die Reise sollte auf dem Norddeutschen Lloyd-Dampfer „Kronprinz Wilhelm" am 15. Februar 1902 von Bremerhaven angetreten werden, sodass seitens der Direktion alle Anstrengungen gemacht werden mussten, um noch rechtzeitig für diese Fahrt eine, nach grösserem Maassstabe, als die frühere „Nordatlantische Wetterausschau" (im Maassstabe von 1 : 28 Millionen) angefertigte Dampferkarte für Februar an Bord des „Kronprinz Wilhelm" in Gebrauch kommen lassen zu können. Um auch das Äussere der Karte entsprechend zu gestalten, musste zwar aus den dargelegten Gründen auf den Druck in verschiedenen Farben verzichtet und die Ausführung durch Handkolorirung bewerkstelligt werden. Die Karte traf noch rechtzeitig an Bord des Dampfers „Kronprinz Wilhelm" ein, wurde benutzt und den Zwecken in dem Maasse dienend erachtet, dass nach den bei der Direktion eingetroffenen Berichten des Kapitäns des Dampfers die „Pilot chart" des amerikanischen Hydrographischen Amtes bei Seite gelegt werden konnte.

Auf die Einzelheiten der Darstellung in dieser Karte ist es ebensowenig erforderlich, wie auf die Erklärung der Zeichen und der Kolorirung einzugehen, da dieselben im wesentlichen den Anschauungen und in Anwendung befindlichen Karten angepasst waren; im Uebrigen stimmt der Inhalt mit der „nordatlantischen Wetterausschau", die sich gleichfalls an Bord befand, völlig überein. Nur mag erwähnt werden, dass die verschiedenen Systeme und Apparate der Sturmwarnungen, namentlich der dabei benutzten Signale, am Ostrande der Karte auf einem Streifen, der in meridionaler Richtung durch den afrikanischen Kontinent hinzieht, zur Darstellung gebracht wurden.

Auch für den Monat März 1902 wurde eine der soeben beschriebenen ganz ähnliche Monatskarte „Nordatlantische Wetterausschau für März 1902" entworfen und in ganz gleicher Weise ausgeführt. Dieselbe wurde nach den Vereinigten Staaten expedirt und traf so rechtzeitig in New-York ein, dass sie dem Dampfer der Hamburg-Amerika-Linie „Deutschland", auf welchem S. K. Hoheit Prinz Heinrich die Rückreise nach Europa ausführte, in der Navigirung noch nützliche Dienste leisten konnte, wie aus dem bei der Seewarte eingetroffenem Berichte hervorgeht.

Diese Karte für den Monat März 1902 ist diesem Berichte in Abdruck beigefügt, nun aber, nachdem es möglich geworden war, die Einrichtungen für farbigen Druck zu beschaffen, unter Anwendung desselben; es verdient betont zu werden, dass dies auf der schon seit nahezu 20 Jahren benutzten lithographischen Presse geschah, einen Beweis dafür liefernd, dass selbst mit bescheidenen Mitteln unter Beachtung der erforderlichen Umsicht und mit der nöthigen Erfahrung eine genügend grosse Monatskarte zu liefern sei, die den Anforderungen der praktischen Navigirung zu entsprechen vermag. Ein nicht unerhebliches Verdienst fällt dabei der Erfahrung und der Gewandtheit im Ueberwinden der Schwierigkeiten bei Arbeiten dieser Art des langjährigen Druckers der Seewarte, Herrn Senne, zu.

Von jeder weiteren Ausführung hier absehend, indem vorausgesetzt wird, dass die Darstellungsweise genügend bekannt ist, wird nur noch erwähnt, dass die Linien gleicher magnetischer Deklination (Missweisung des Kompass) auf den Karten für 1902.0 nach dem neuesten vorliegenden Material entworfen und niedergelegt worden sind. Auch schien es durchaus wünschenswerth, wenn eine solche Karte als sogenannter Uebersegler benutzt werden soll, die 200 m-Linien die Küsten entlang zu verzeichnen, wie dies in der vorliegenden Karte geschehen ist.

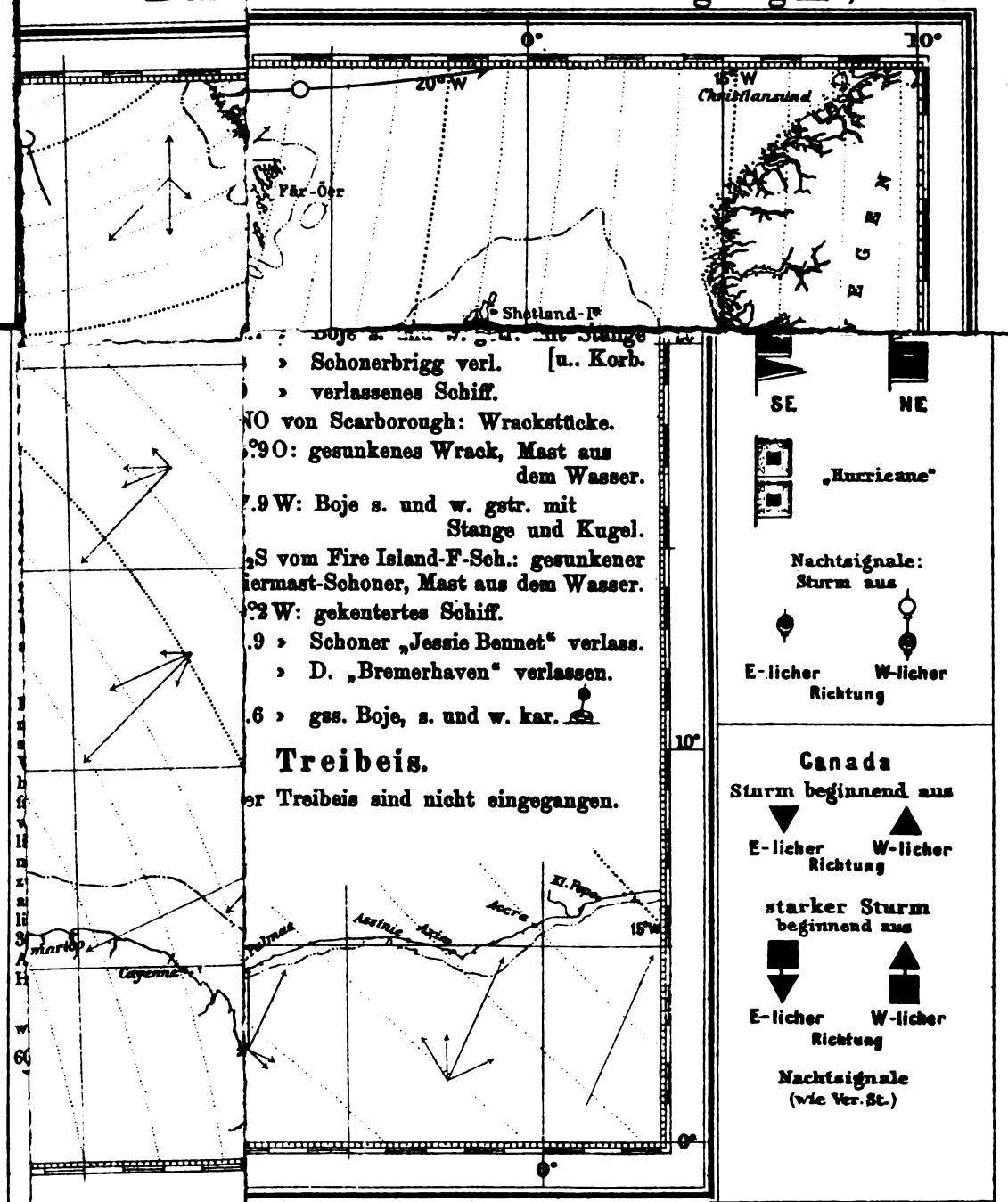
Auf die einzelnen Grundzüge der Originalkarte, von welcher die photolithographische Reproduktion für die vorliegende Monatskarte ausgeführt wurde, soll bei einer anderen Gelegenheit, wenn es sich um die Verwerthung dieser wichtigen Arbeit handeln wird, zurückgekommen werden.

Digitized by Google

Digitized by Google

TISCH

Dam… Jahrgang II, No 3

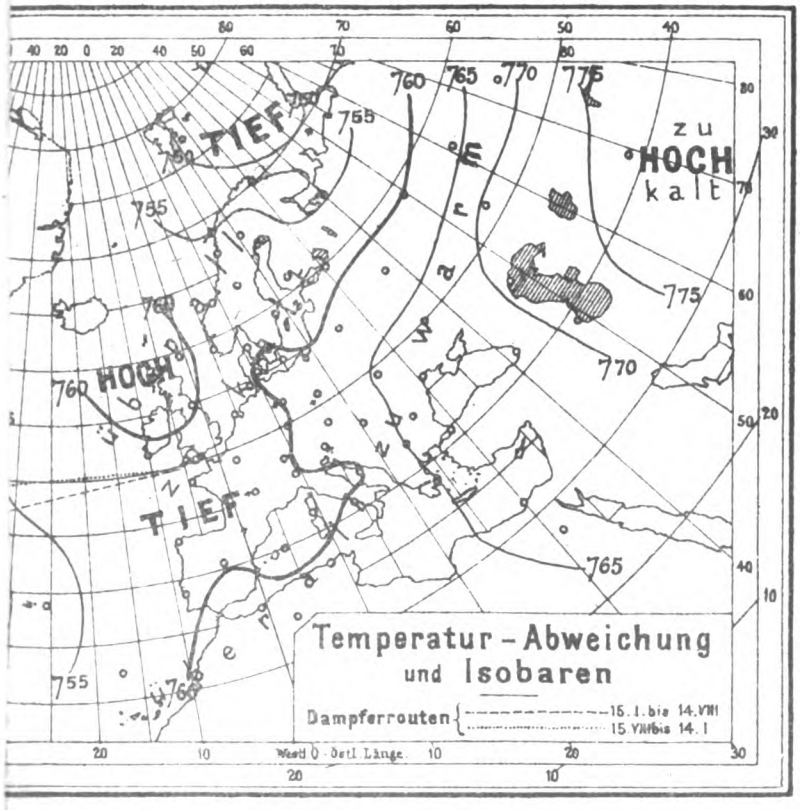


…hend die Dekadenkarten vom 11.-20. Jan. 21.-31. Jan. 1.-10. Febr 1902

…ss der Reise S.K.H…
…em Schnelldampfer…

Digitized by Google

'ebruar 1902.



Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

HL-340
QC 801
.H3
V 22-25
1899-1902
dummy

Hamburg
Deutsche
Seewarte
1244927
JAN 7 1949

S5- 350
STORAGE

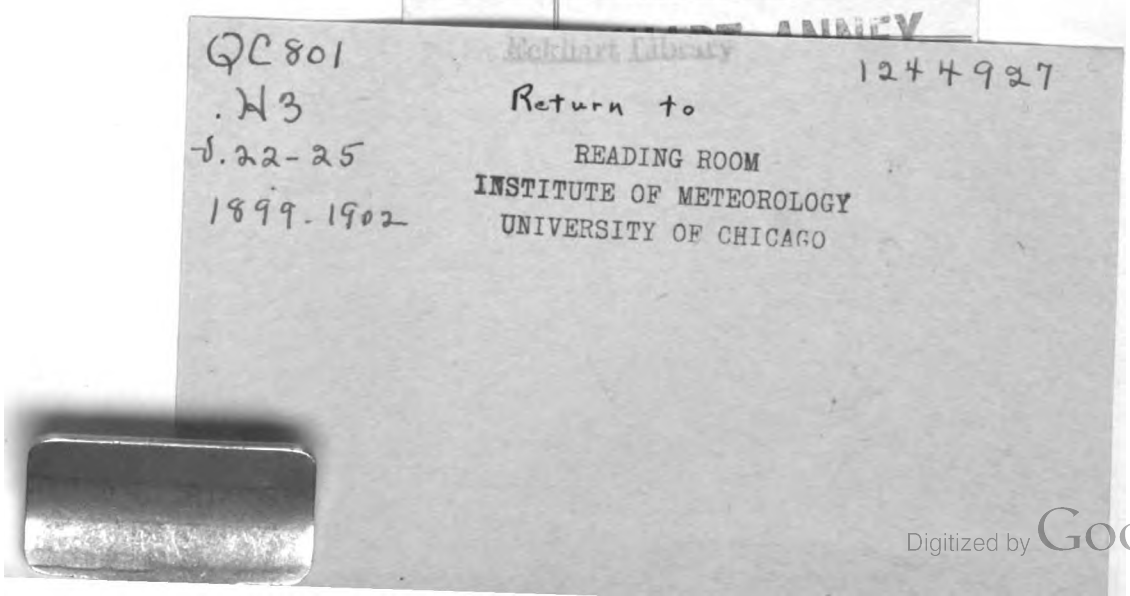
QC 801
.H3
J.22-25
1899-1902

1244927
Return to
READING ROOM
INSTITUTE OF METEOROLOGY
UNIVERSITY OF CHICAGO

Digitized by Google

Digitized by Google

HL-340
QC 801
.H3
V 22-25
1899-1902
dummy
Hamburg
Deutsche
Seewarte
1244927
JAN 7 1949
$5- 350
STORAGE


QC 801
.H3
V.22-25
1899-1902
1244927
Return to
READING ROOM
INSTITUTE OF METEOROLOGY
UNIVERSITY OF CHICAGO

Digitized by Google

UNIVERSITY OF CHICAGO
104 843 817

Digitized by Google